



LANDSKAP TRÄDGÅRD JORDBRUK

Rapportserie

Nödventilation och larm i djurstallar

*Emergency ventilation and alarm equipment
in animal houses*

Sven Nimmermark

Gösta Gustafsson

Tania Nilsson

Lantbrukets byggnadsteknik

Department of Rural Buildings

Fakulteten för landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap

Rapport 2008:5

ISSN 1654-5427

ISBN 978-91-85911-50-9

Alnarp 2008

FÖRORD

Ventilationsavbrott kan mycket snabbt orsaka en stegring i lufttemperatur, luftfuktighet och koldioxidhalter i djurstallar. Den vanligaste orsaken till ventilationsbortfall är elavbrott. Andra orsaker kan vara funktionsbortfall hos regleringsutrustningar och fläktar.

Projektets målsättning har varit att:

- Bestämma luftväxling vid olika ventilationstekniska lösningar vid driftsavbrott vid olika uteklimat
- Kartlägga teknisk standard hos dagens ventilationsanläggningar i djurstallar med avseende på luftväxling vid driftsavbrott och larmfunktion i mekaniska ventilationsanläggningar
- Bestämma temperaturstegringens tidsförlopp vid ventilationsavbrott vid olika värmeavgivningar och utetemperaturer
- Ge rekommendationer om åtgärder för att upprätthålla djurskyddet vid ventilationsavbrott.

Undersökningen har utförts inom institutionens temagrupp "Klimat- och miljöteknik i djurstallar". Undertecknad har planerat och genomfört forskningsarbetet samt författat denna rapport i samarbete med Tekn. Dr Sven Nimmermark. Lantmästare Tania Nilsson har utfört mätningar av s.k. "ofrivillig luftväxling" i byggnader utan djur där ventilationen stängts av. Ett stort tack riktas till de försöksvärdar där fältnätningarna genomförts. Ett stort tack också till alla de producenter som svarat på frågor om larm och ventilationsavbrott. Projektet har finansierats av Djurskyddsmyndigheten.

Alnarp i februari 2008

Gösta Gustafsson

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING	7
SUMMARY	9
1 BAKGRUND OCH PROBLEMSTÄLLNINGAR	11
2 MATERIAL OCH METODER	15
2.1 Kartläggning av utrustningar	15
2.2 Bestämning av luftväxling	15
2.3 Beskrivning av byggnader där mätningar skett	16
2.3.1 Byggnad 1	16
2.3.2 Byggnad 2	17
2.3.3 Byggnad 3	19
2.3.4 Byggnad 4	20
2.3.5 Byggnad 5	21
3 RESULTAT	23
3.1 Enkät till producenter	23
3.1.1 Svarsfrekvens	23
3.1.2 Besättningar på gårdarna	23
3.1.3 Ventilation och styrutrustning	24
3.1.4 Typer av larm på gårdarna	25
3.1.5 Larm till ansvarig personal	28
3.1.6 Test av larmanläggningen	29
3.1.7 Risk för gödselgaser i stallet vid ventilationsavbrott	29
3.1.8 Åtgärder vid ventilationsavbrott	29
3.1.9 Elavbrott - förekomst och skador	31
3.1.10 Bedömning av styrutrustning, larm och nödventilation	32
3.1.11 Förslag till förbättringar	33
3.2 Beskrivning av olika fabrikat	34
3.2.1 DELAVAL	34
3.2.2 NYA STALLSYSTEM AB	35
3.2.3 BRÖDERNA SKOV	35
3.2.4 SVEAVERKEN	35
3.2.5 BIG DUTCHMAN	36
3.2.6 SKIOLD	36
3.2.7 DISCOVERY ALARMSYSTEM	36
3.2.8 APOLLO MULTI	36
3.2.9 MULTIFAN	36
3.2.10 INFOMATIC	37
3.2.11 TURBOVENT	37
3.2.12 MADSORASK	37
3.2.13 NIMA	38
3.2.14 ANDRA FABRIKAT	38
3.3 Inverkan av luftintagsöppningar vid stängda frånluftsdon	39
3.3.1 Byggnad 1	39
3.3.2 Byggnad 2	39
3.3.3 Byggnad 3	40
3.3.4 Byggnad 4	41
3.3.5 Byggnad 5	41

3.4	Inverkan av frånluftsöppningar vid stängda luftintag	41
3.4.1	Byggnad 1	42
3.4.2	Byggnad 3	42
3.4.3	Byggnad 4	43
3.5	Inverkan av vind.....	45
3.5.1	Byggnad 1	45
3.5.2	Byggnad 3	46
3.5.3	Byggnad 4	48
3.6	Inverkan av temperatur.....	49
3.7	Temperaturstegring	50
3.7.1	Uppmätt temperaturstegring.....	50
3.7.2	Modell för beräkning av temperaturstegring	50
3.7.3	Beräknad temperaturstegring	56
4	DISKUSSION	61
4.1	Temperaturstegring och ökning av gashalter i stallet.....	61
4.2	Erforderlig storlek på ventilationsöppningar för nödventilation.....	62
4.3	Larm	62
4.4	Plan för nödventilation	63
5	SLUTSATSER.....	65
6	REKOMMENDATIONER.....	67
7	LITTERATUR	69

SAMMANFATTNING

Med jämna mellanrum uppträder tillbud med ventilationsavbrott i djurstallar, i vissa fall med dödlig utgång. Ventilationsavbrott kan mycket snabbt orsaka en stegring i lufttemperatur, luftfuktighet och koldioxidhalter i djurstallar. De allvarligaste tillbudena uppträder i kalv-, gris- och fjäderfästallar. Den vanligaste orsaken till ventilationsbortfall är elavbrott. Andra orsaker kan vara funktionsbortfall hos regleringsutrustningar och fläktar. Allvarligast är ventilationsavbrott sommartid. Enligt Svensk Standard (SIS, 1992) skall ett djurstalls lufttemperatur inte överstiga uteluftens temperatur med mer än 4 °C när det är 21 °C utomhus.

Måttlig förhöjning av temperaturen i ett stall kan orsaka produktionsrelaterade störningar men då temperaturen stiger över en kritisk nivå kan de höga temperaturerna orsaka kraftigt förhöjd kroppstemperatur och dödsfall bland djuren. Hos kor leder värmestress till minskad mjölkproduktion och sämre fertilitet. Hypertermi eller överhettning är en vanlig dödsorsak bland fjäderfä. Slaktkycklingstallar är en av de stalltyper som betraktas vara speciellt känsliga för elavbrott. Jämfört med andra djurslag anses grisar vara känsliga för höga temperaturer då de inte svettas och inte flämtar så bra. I föreskrifter för djurhållning (DFS 2007:5) ställs krav på nödventilation och för stallar med kalvar grisar och fjäderfä ställs det krav på larm för övertemperatur, strömbavbrott och fel på larmanordningen etc.

Information och broschyrer samlades in från olika fabrikat för sammanställning av data över vad som kännetecknar de olika fabrikaten och de olika modellerna. Det finns en rad utrustningar på marknaden som tillfredsställer de behov av larm som finns för stallbyggnader.

Enkäter skickades ut till företag med fjäderfä, grisar och nötkreatur för att kartlägga dagens bestånd av larm och nödventilation. Totalt 180 st enkäter skickades ut till företag med olika djurslag och svarsfrekvensen var i medeltal 72 %. Undersökningen visar på att det vid tidpunkten för undersökningens genomförande saknades någon typ av larm i en hel del djurstallar. Larm fanns i störst utsträckning i fjäderfästallar. Larm som varnar vid hög temperatur i stallet och vid elavbrott fanns i de allra flesta stallar med fjäderfä. Ungefär två tredjedelar av fjäderfäproducenterna angav också att de har larm som varnar då fläktar stannat p.g.a. fel och då det är fel på larmanordningen. Bland grisproducenterna angav ca 30 % att de hade larm som varnar vid hög temperatur i stallet och ca 20 % angav att de hade larm som varnar vid elavbrott och då fläktar stannat. Larm förekom i liten utsträckning hos de producenter med nötkreatur som tillfrågades.

Olika system finns för att uppmärksamma ansvarig personal om att ett larm har utlöst. Ofta används kombinationer av olika tekniker för att uppmärksamma larmet. Många har system där det larmar både med ljud- / ljussignaler, med larm som går till bostaden och med larm som går till mobiltelefon och hos en del producenter går larmet sedan vidare till en larmcentral, exempelvis SOS Alarm eller Falk. De flesta (mer än 80 %) angav att de testade larmet regelbundet.

På gårdar med mjölkproduktion och nötkreatur åstadkoms nödventilationen nästan uteslutande manuellt med hjälp av dörrar och fönster och med hjälp av manuellt startade reservelverk kopplade till en traktor. Fjäderfäproducenterna åstadkom nödventilation med hjälp av automatiska system i stor utsträckning. På gårdarna med grisproduktion åstadkoms nödventilation i stor utsträckning med hjälp av fönster, dörrar och manuellt startade reservelverk kopplade till traktor.

Undersökningen visade på att elavbrott förekom 1-5 gånger per år eller oftare hos mer än 90 % av de 120 producenter som svarade på frågan. Inga av de tillfrågade producenterna hade emellertid haft djur som dött till följd av elavbrotten. Cirka 70 % av de som svarade angav att det fanns en plan för hur nödventilation skall organiseras i fall av strömbavbrott.

En rad olika åtgärder kan göras för att förbättra systemen. Någon av producenterna som svarade på enkäten pekade på problemet med falsklarm och att en automatisk öppning av tilluftsdon / frånluftsdon (frånluftsöppningar) då bara p.g.a. felet kan leda till för låga temperaturer vintertid. Någon annan uppmärksammade problem med det markbundna telefonnätet vid åska och föreslog omkoppling till mobiltelefoni. På en del gårdar finns ett antal personer som kan åtgärda de problem som dyker upp då problem uppstår.

Den "ofrivilliga luftväxlingen" i fem olika byggnader uppmättes med spårgasteknik då ventilationsöppningarna var stängda och öppna till viss del i byggnader utan djur. Mätningarna genomfördes under sommarförhållande eftersom drivkraften för naturlig ventilation genom "skorstensverkan" då är lägst.

Luftväxlingen bestämdes genom att sprida ut en mängd av den inerta gasen svavelhexafluorid (SF_6). Genom att mäta koncentrationsminskningens tidsförlopp efter att gastillförseln avbröts bestämdes stallets luftväxling. Gaskoncentrationen registrerades med en infraröd spektrofotometer.

Mätningar i konventionella byggnader uppvisade ventilationsflöden som var betydligt lägre än den dimensionerande minimiventilation. I sådana byggnader kommer därför att ske en betydande temperaturstegring om det sker värmealstring från djur.

Undersökningar i en relativt otät oisolerad naturligt ventilerad byggnad uppvisade ventilationsflöden som var betydligt högre än minimiventilationen.

Ventilationsflödet ökade med ökad area på luftintagsöppningar och med ökande vindhastighet.

För att kunna bedöma hur snabbt temperaturen stiger vid ett ventilationsavbrott togs en enkel grundmodell för temperaturstegringen i stallet fram. Beräkningar gjordes för ventilationsflödet $2 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ och ventilationsflödet $8 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ för stallar med olika djurslag. Av beräkningarna framgår det att en betydande temperaturstegring sker redan efter 30 minuter. Temperaturstegringen är större i en lätt byggnad i jämförelse med en tung byggnad. Temperaturstegringen är också större i stallar med grisar som är 90 kg tunga och stallar med slaktkycklingar som är nästan slaktfärdiga i jämförelse med stallar med kor och stallar med 15 st hönor per m^2 . Även vid en så låg temperatur som 5°C kan höga temperaturer uppträda i stallet vid ett lågt ventilationsflöde. I golvsystem med mycket lagrad gödsel kan finnas risk för mycket höga gashalter i stallet vid ett ventilationsavbrott till följd av att gaser frigörs den lagrade gödseln. I system med uppbundna kalvar/köttddjur kan en temperaturökning motsvarande beräkningar för kor förväntas. I system med kalvar/köttddjur på ströbädd kan höga gashalter förväntas till följd av att gaser frigörs från djupströbädden. Undersökningar och beräkningar visar på ett mycket snabbt temperaturökningsförlopp i stallet vid ventilationsbortfall och små luftintagsöppningar. Beräkningar tyder på att temperaturen kan stiga upp till ca 10°C på mindre än 30 minuter under ogynnsamma omständigheter. Insattiden är därför kort för att åstadkomma nödventilation.

SUMMARY

Ventilation breakdown and narrow escapes occur at regular intervals, and sometimes these result in lethal outcomes. A ventilation breakdown in animal houses can cause a very rapid increase in air temperature, humidity and carbon dioxide concentrations inside the barn. The most severe narrow escapes occur in calf sheds (calves / beef), and houses for pigs and poultry. The most common cause of ventilation breakdown is power failure. Other causes can be failing control equipment and damaged fans. Ventilation breakdowns are most severe during summer time. According to a Swedish standard (SIS, 1992), the air temperature inside an animal house shall not exceed the outside air temperature with more than 4 °C when it is 21 °C outside.

A limited increase of the temperature within a barn can cause a decrease in production. When the temperature exceeds an upper critical temperature a severe increase of the body temperature of the animals occur resulting in a lethal outcome. Heat stress in cows result in decreased milk production and a decrease in fertility. Hyperthermia is a common cause of death for poultry. Power failures in broiler houses are meant to be especially fatal. Pigs are meant to be especially sensitive to high temperatures since they not sweat, and not pant especially good.

In directions from the Swedish Animal welfare Agency (DFS 2007:5) demands are present concerning emergency ventilation, and calf sheds (calves / beef), pig and poultry houses must be equipped with alarm equipment for excess temperature, power failure and failure concerning the alarm equipment etc.

For making a summary of different brands and different models of alarm equipment available, information and pamphlets were collected from different companies. A number of equipments on the Swedish market fulfil relevant demands on alarm equipment for animal houses.

A questionnaire was sent to producers with poultry, pigs and cattle in order to map the present state of alarm and emergency ventilation at Swedish farms. Totally 180 questionnaires were sent to farmers with poultry, pigs and cattle and the response rate was 72 %. The study showed that at the present time some types of alarms were missing in a number of barns. Presence of alarm was most frequent in poultry houses. Alarm for excess temperature and power failure were present in most houses with poultry. About two thirds of the poultry producers noted that they had alarm warning for alarm equipment failure. Among the pig producers about 30 % noted that they had alarm warning for excess temperature in the barn and about 20% noted that they had alarm warning for power failure and stopped fans. For producers with cattle only a small fraction noted that alarm equipments were installed in the barns.

Different systems for making responsible personnel aware of an alarm exist. Combinations of different methods were frequently used. Many producers have combinations of sound / light signals, alarms to the dwellings, and alarms to mobile phones, and some producers also have alarm going further on to a central alarm station e.g. SOS Alarm or Falk. Most of the producers (more than 80 %) noted that they tested the alarm with regularity.

On farms with milk production and cattle, the emergency ventilation was achieved in far most cases by the help of manually opened doors and windows, and by the help of manually

started electric works connected to a tractor. On farms with poultry production the emergency ventilation was managed by the help of automatic systems to a great extent. On farms with pig production, emergency ventilation was managed to a great extent by the help of windows, doors and manually started electric works connected to tractors.

The study showed that power failures occurred 1-5 times per year or more frequent at more than 90 % of 120 producers answering to the question. At none of the farms animals had died as a consequence of the power failures. About 70 % of those who answered noted that they had a plan for how the emergency ventilation should be organised in case of power failure. A number of measures can be taken to improve the systems. Some producer pointed out the problem with false alarms and automatic opening of inlets / outlets leading to unwanted low temperatures in the barn during winter time. Another producer mentioned problems with the ordinary telephone net during thunderstorms and suggested switching over to mobile phones. At some farms a number of persons were meant to be able to handle problems coming up.

Natural air exchange with closed and to some extent open inlets / outlets (ventilation openings) were measured in five buildings without animals by the use of trace gas technology. Measurements were made during summer time since the driving force for natural ventilation is low due to small temperature differences during that time of the year.

The air exchange rate was measured by the help of sulphur hexafluoride (SF_6) spread inside the buildings. The air exchange rate was calculated from the rate of concentration change by time after stopping the supply of gas. Gas concentration was registered by the help of an infrared spectrophotometer. Measurements in conventional buildings showed ventilation rates far below minimum ventilation rates. In such buildings a considerable increase of the inside air temperature will take place if animals producing heat are present. Studies in a comparatively less airtight and not insulated building showed air exchange rates well above minimum ventilation rates. The ventilation rate increased by increased inlet area and increased wind velocity.

In order to estimate the rate of change in temperature during a ventilation breakdown a simple calculation model was derived from building characteristics and animal heat production equations. Calculations were made for ventilation rates of $2 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ and $8 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ for barns housing different animals. Calculations show a considerable increase of temperature during the first 30 minutes after a ventilation breakdown. The increase in temperature is higher in a light building compared to a heavy building. The increase in temperature are also high in buildings with pigs weighing 90 kg and houses with almost finished broilers compared to barns with cows and houses with 15 laying hens per m^2 floor area. High temperatures during a ventilation breakdown can occur also at temperatures as low as 5°C . In systems with much stored manure inside the buildings there is a risk for extremely high gas concentrations during a ventilation breakdown due to gases released from the manure. In calf sheds (beef barns) with tied animals an increase of temperature comparable to barns with dairy cows can be expected. When calves (beef) are housed on deep litter high gas concentrations may occur during a ventilation breakdown due to gases released from the litter.

The studies point out that a very fast increase in temperature can occur at a ventilation breakdown when openings between the barn and the outside air are small (inlet- /outlet openings). Calculations suggest that the temperature during unfavourable circumstances may increase up to 10°C during less than 30 minutes. Thus, the time for arranging emergency ventilation may be very short.

1 BAKGRUND OCH PROBLEMSTÄLLNINGAR

Ventilationsbortfall förekommer ganska ofta i djurstallar. Då djuren producerar och avger avsevärda mängder värme och gaser kan avbrotten orsaka allvarliga problem. Med en viss frekvens uppträder tillbud med risk för skador och i en del fall kan ventilationsavbrott i djurstallar leda till att djur dör. Ventilationsavbrott kan orsaka en mycket snabb stegring i lufttemperatur, luftfuktighet och koldioxidhalt i djurstallar. De allvarligaste tillbudena uppträder i kalv-, gris- och fjäderfästallar. Den vanligaste orsaken till ventilationsbortfall är elavbrott. Andra orsaker kan vara funktionsbortfall hos regleringsutrustningar och fläktar.

Allvarligast är ventilationsavbrott sommartid. Enligt Svensk Standard (SIS, 1992) skall ett djurstalls lufttemperatur inte överstiga uteluftens temperatur med mer än 4 °C när det är 21 °C utomhus. Detta temperaturkrav är dimensionerande för djurstallars största ventilationsbehov (maximiventilation). Om flödet minskar till ett avsevärt lägre värde sommartid stiger temperaturen snabbt till nivåer långt över 25 °C. En undersökning som gjordes i ett slaktsvinstall på 1970-talet visade att stalltemperaturen inom två timmar steg till 33.5 °C vid ett ventilationsavbrott då utetemperaturen var 24 °C (Wahlberg & Sällvik, 1977).

Sedan 1970-talet har betydande förändringar skett inom svensk djurhållning. Viktiga förändringar är:

- Större stallenheter med flera djur under samma tak vilket gör att flera djur kan bli drabbade samtidigt
- Ökad användning av känslig elektronik i aggressiv luftmiljö
- Högre djurbeläggning per ytenhet som ger högre värmebelastning
- Intensivare uppfödning som också ger höjd värmeproduktion
- Högre isoleringsgrad i byggnadskonstruktioner vilket ger snabbare temperaturstegring.

Måttlig förhöjning av temperaturen i ett stall kan orsaka produktionsrelaterade störningar, men då temperaturen stiger över en kritisk nivå kan de höga temperaturerna orsaka kraftigt förhöjd kroppstemperatur och dödsfall bland djuren. Hos kor leder värmestress till minskad mjölkproduktion och sämre fertilitet (Hicks et al., 2001). Mjölkproduktionen kan minska redan vid så låga temperaturer som 21-22 °C (Jeppsson & Gustafsson, 2001).

Då det gäller värmestress och reaktioner hos djuren på värme och olika klimat har en rad studier genomförts och en del resultat sammanfattas av Nienaber et al., (1999)

Hypertermi eller överhettning är en vanlig dödsorsak bland fjäderfä. Slaktkycklingstallar är en av de stalltyper som betraktas vara speciellt känsliga för elavbrott. Slaktkycklingar anses inte klara en temperatur över 34 °C mer än 1-2 timmar. Man menar att ventilationsavbrott i ett slaktkycklingstall måste åtgärdas inom 1,5- 2,5 timmar.

Ökningen i kroppstemperatur beror på samverkande effekter av temperatur, luftfuktighet och luftförelser. Påverkan på fysiologiska parametrar såsom värmeproduktion, andningsfrekvens och puls liksom produktionsparametrar (mjölkproduktion, äggproduktion etc.) kan relateras till olika klimatkombinationer. Klimatet beskrivs i många fall med ett temperatur- fuktighetsindex (THI-index) och för många djurslag (kor, grisar, värphöns, kalkoner) har sambanden mellan ett sådant index och påverkan på djuren studerats (Tao & Xin, 2003). För slaktkycklingar har ett index (THVI-index) som även inkluderar

luft hastigheten tagits fram. En viss tids exponering för ett THVI-index tal som motsvarar ett visst klimat har korrelerats till olika förhöjning av kroppstemperaturen och olika tillstånd hos djuren (Tao & Xin, 2003).

Jämfört med andra djurslag anses grisar vara känsliga för höga temperaturer då de inte svettas och inte flämtar så bra (Huynh *et al.*, 2005). Grisar reagerar på värmestress genom komplexa reaktioner som involverar fysiologiska, anatomiska och uppföranderelaterade mekanismer. Dessa mekanismer syftar till att underlätta värmeavgivningen och till att minimera värmeupptagningen från omgivningen (Huynh *et al.*, 2005).

Då grisar utsätts för värme och speciellt då de samtidigt är fysiskt aktiva har stigande kroppstemperatur och förändring av blodets CO₂-halt observerats (Judge *et al.*, 1973). Då grisar flämtar för att avge värme resulterar det i förhöjt pH i blodet (alkalosis) till följd av hyperventilationen och detta påverkar också troligen syra-bas balansen (Patience *et al.*, 2005).

För att ett djur ska kunna öka den evaporativa värmeavgivningen via lungorna så måste andningsfrekvensen ökas. Djuret kyls då genom att värme tas från djurkroppen för att förångas den ökade vattenbildningen i lungorna. När andningsfrekvensen ökar så minskar den inandade luftmängden per andetag. Detta leder i sin tur till att luftväxlingen i alveolerna förhindras och gasutbytet mellan blod och luft förändras. När luftens värme och fukthinnehåll sjunker och kroppstemperaturen går ner kan djuren återgå till en gynnsammare andning.

Svin som utsätts för värmebelastning ökar sin urinavsöndring. Denna ersätts så småningom av stark salivation. I urin och saliv utsöndras mycket Na⁺ som leder till obalanser mellan intra- och extracellulära vätskor. Vätskeförluster begränsar möjligheterna till en effektiv värmereglering.

Tunga djur tål överlag värmestress sämre än lätta. Djurens tillgång på vatten spelar stor roll för möjligheten att överleva stora klimatstegringar. Olika raser och individer har olika bra förmåga att ta upp vatten och ta sig igenom överlevnadsprocessen.

Det har framförts att de högsta koldioxidkoncentrationerna finns vid taket strax efter att ett ventilationsavbrott har inträffat. Anledningen anses bero på att utandningsluften är varmare än omgivande luft och stiger därför uppåt. När stalltemperaturen och utandningsluftens temperatur börjar närma sig varandra menar man att högst koldioxidkoncentration finnas nere vid golvet då koldioxid har en högre specifik vikt än luft.

Elavbrott kan förutom de skador som eventuellt orsakas av ventilationsbortfall också leda till andra typer av skador. När ljuset slocknar i fönsterlösa broilerstallar kommer broilerkycklingar att samlas under ljus som kommer in genom ventilationstrummor. Mycket snart kvävs kycklingarna som hamnat underst i "högen".

Enligt den utgåva av Djurskyddsmyndighetens föreskrifter om djurhållning L100 (DFS 2004:17) som utkom 2004 Liksom i Statens Jordbruksverks författningssamling L100 (SJVFS 2003:6) som utkom 2003 angavs att det skall finnas nödventilation i mekaniskt ventilerade djurstallar och en "godtagbar plan för hur djurskyddet skall upprätthållas vid elavbrott". I §27 (kalvar i egen avdelning), §39 (gris) och §51 (fjäderfå) angavs att mekaniskt ventilerade stallavdelningar skall ha larm för övertemperatur, strömbavbrott samt för fel på larmanordningen. I de föreskrifter som gäller idag (DFS 2007:5) har kompletteringar och förtydliganden gjorts (se nedan).

Utdrag av DFS 2007:5 Saknr L 100. Djurskyddsmyndighetens föreskrifter och allmänna råd om djurhållning inom lantbruket m.m.

1 kap. Gemensamma bestämmelser

23 § I mekaniskt ventilerade stallar ska det finnas nödventilation.

Allmänna råd till 2 § djurskyddslagen

Även stallar med mekanisk ventilation utan krav på larm bör vara utrustade med en larmanordning som varnar för övertemperaturer, strömavbrott och fel på larmanordningen om ett ventilationsbortfall bedöms kunna medföra lidande för djuren.

2 kap. Särskilda bestämmelser för nötkreatur

24 § Mekaniskt ventilerade stallavdelningar med kalvar ska vara utrustade med larmanordning som varnar för:

1. övertemperatur,
2. strömavbrott och
3. fel på larmanordningen.

Larmanordningen ska vara utformad så att larmet uppmärksammas på ett betryggande sätt.

Utrustningen ska kontrolleras regelbundet och före varje insättning av en ny omgång djur.

I stallavdelningar där kalvar hålls tillsammans med kor behöver dock larmanordningen enbart larma för övertemperatur.

3 kap. Särskilda bestämmelser för grisar

16 § Mekaniskt ventilerade stallavdelningar för grisar ska vara utrustade med larmanordning som varnar för

1. övertemperatur,
2. strömavbrott,
3. fel på larmanordningen, och
4. fel på frånluftsfläktar för minimiventilation och gödselgasventilation.

Larmanordningen ska vara utformad så att larmet uppmärksammas på ett betryggande sätt.

Utrustningen ska kontrolleras regelbundet och före varje insättning av en ny omgång djur.

Första stycket gäller inte för avdelningar med plats för färre än 30 vuxna grisar eller för avdelningar med plats för färre än 150 växande grisar över 20 kg, under förutsättning att nödventilationen öppnas automatiskt vid övertemperatur och vid strömavbrott.

3. föreskrifter som träder i kraft den 1 oktober 2009

- 3 kap. 16 § första stycket punkt 4, andra stycket samt fjärde stycket i fråga om att nödventilationen öppnas automatiskt vid övertemperatur och vid strömavbrott,

6 kap. Särskilda bestämmelser för värphöns och unghöns

7 § Mekaniskt ventilerade stallavdelningar med fler än 2 000 djur ska vara utrustade med larmanordning som varnar för:

1. övertemperaturer,
2. strömavbrott, samt
3. fel på larmanordningen.

Larmanordningen ska vara utformad så att larmet uppmärksammas på ett betryggande sätt.

Utrustningen ska kontrolleras regelbundet och före varje insättning av en ny omgång djur.

Allmänna råd till 2 § djurskyddslagen

Stallar för fler än 2 000 djur bör vara utrustade med ett reservverk.

7 kap. Särskilda bestämmelser för slaktkyckling

2 § Mekaniskt ventilerade stallavdelningar med fler än 2 000 djur ska vara utrustade med larmanordning som varnar för:

1. övertemperaturer,
2. strömavbrott, samt
3. fel på larmanordningen.

Larmanordningen ska vara utformad så att larmet uppmärksammas på ett betryggande sätt.

Utrustningen ska kontrolleras regelbundet och före varje insättning av en ny omgång djur.

Allmänna råd till 2 § djurskyddslagen

Stallar för fler än 2 000 djur bör vara utrustade med reservverk.

8 kap. Särskilda bestämmelser för kalkoner

2 § Mekaniskt ventilerade stallavdelningar med fler än 2 000 djur ska vara utrustade med larmanordning som varnar för:

1. övertemperaturer,
2. strömavbrott, samt
3. fel på larmanordningen.

Larmanordningen ska vara utformad så att larmet uppmärksammas på ett betryggande sätt.

Utrustningen ska kontrolleras regelbundet och före varje insättning av en ny omgång djur.

Allmänna råd till 2 § djurskyddslagen

Stallar för fler än 2 000 djur bör vara utrustade med reservverk.

9 kap. Särskilda bestämmelser för ankor och gäss

2 § Mekaniskt ventilerade stallavdelningar med fler än 2 000 djur ska vara utrustade med larmanordning som varnar för:

1. övertemperaturer,
2. strömavbrott, samt
3. fel på larmanordningen.

Larmanordningen ska vara utformad så att larmet uppmärksammas på ett betryggande sätt.

Utrustningen ska kontrolleras regelbundet och före varje insättning av en ny omgång djur.

Allmänna råd till 2 § djurskyddslagen

Stallar för fler än 2 000 djur bör vara utrustade med reservverk.

Då det gäller nödventilation och larm finns en rad frågeställningar som behöver belysas för att djurskyddet skall kunna förbättras.

Projektets målsättning har varit att:

- Kartlägga teknisk standard hos dagens ventilationsanläggningar i djurstallar med avseende på luftväxling vid driftsavbrott och larmfunktion i mekaniska ventilationsanläggningar
- Bestämma luftväxling vid olika ventilationstekniska lösningar vid driftsavbrott vid olika uteklimat
- Bestämma temperaturstegringens tidsförlopp i djurstallar vid ventilationsavbrott vid olika värmeavgivningar och utetemperaturer
- Ge rekommendationer om åtgärder för att upprätthålla djurskyddet vid ventilationsavbrott.

2 MATERIAL OCH METODER

2.1 Kartläggning av utrustningar

Genom leverantörer, tillverkare och företag med djurhållning har dagens bestånd och standard av larm, planer för att skydda djuren mot lidande vid strömavbrott samt utformning av nödventilation kartlagts.

Med syfte att undersöka standarden för de anläggningar som används i befintliga produktionsanläggningar skickades en brevenkät ut till ett antal företag med djurstallar. Syftet med enkäten var, förutom att kartlägga standarden, också att erhålla värdefulla synpunkter om nödventilation från personer som arbetar praktiskt med djuren och anläggningarna.

Enkäter skickades ut till ett antal lantbruksföretag med djurhållning (nötkreatur, grisar och fjäderfä) som slumpartat valdes ut ur SCB: s (Statistiska Centralbyråns) företagsregister. Ett kriterium för att bli utvald var att omsättningen på företaget var relativt stor, dvs. större än 500 000 kr per år. I enkäten ställdes frågor om ventilation, styrutrustning, larm, elavbrott, åtgärder vid strömavbrott och tillbud. Utformningen av enkäten framgår av bilaga 1.

2.2 Bestämning av luftväxling

Temperatur- och fuktighetsutvecklingen vid ett ventilationsavbrott påverkas i hög grad av "ofrivillig ventilation" genom öppningar och otätheter. Denna luftväxling påverkas av det yttre klimatet och av hur stora olika öppningar är vid ett ventilationsbortfall. Det är idag oklart hur stor denna luftväxling är vid ett ventilationsavbrott i dagens stallar.

Den "ofrivilliga luftväxlingen" har mätts med spårgasteknik då ventilationsöppningarna varit stängda och öppna till viss del i byggnader utan djur. Mätningarna genomfördes under sommarförhållanden eftersom drivkraften för naturlig ventilation genom "skorstensverkan" då är lägst.

Genom att mäta förändringen i koncentration av en tillförd gas kan ett luftväxlingstal beräknas. Generellt gäller följande ekvation för gaskoncentration i en lokal enligt VVS Handboken (1974):

$$k = k_0 \cdot e^{-nt} + k_1 \cdot (1 - e^{-nt}) + \frac{F}{q}(1 - e^{-nt}) \quad (1)$$

där:

- t = Tid
- k = Koncentration i lokalen vid tiden t
- k_0 = Koncentration i lokalen vid tiden $t = 0$
- k_1 = Koncentration i tillförd luft
- q = Luftmängd genom lokalen per tidsenhet
- V = Lokalvolym
- n = Luftväxlingstal dvs. q/V
- F = Alstrad mängd av gasen i rummet per tidsenhet

I det fall ingen gas tillförs med luften till lokalen och då ingen gas alstras (tillförs) inuti lokalen kan ekvationen förenklas till:

$$k = k_0 \cdot e^{-nt} \quad (2)$$

Ekvation 2 har använts till att beräkna luftväxlingstal utifrån mätningar av spårgaskoncentration. Luftväxlingen har bestämts genom att sprida ut en mängd av den inerta gasen svavelhexafluorid (SF₆). Genom att mäta koncentrationsminskningens tidsförlopp efter att gastillförseln avbrutits har stallets luftväxling bestämts. Gaskoncentrationen har registrerats med en infraröd spektrofotometer (Miran 204). Tekniken har tidigare använts för att bestämma ventilationseffektivitet i djurstallar och är beskriven av Gustafsson (1993, 1996).

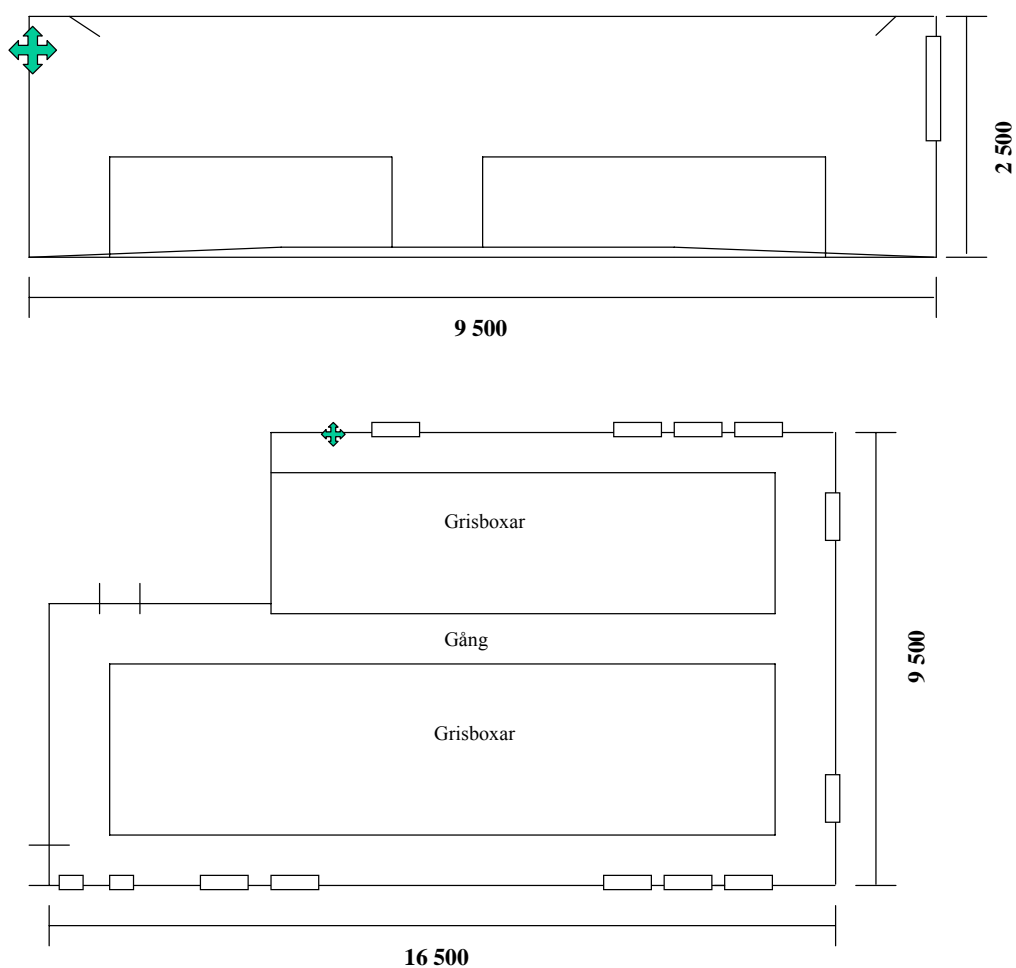
De uppmätta luftväxlingarna har ställts i relation till stallarnas golvareor för att möjliggöra jämförelse mellan olika byggnader.

2.3 *Beskrivning av byggnader där mätningar skett*

2.3.1 Byggnad 1

Byggnad 1 är ett äldre slaktsvinstall med dubbla tegelväggar med ventilerad luftspalt. Golvytan är 137 m². Innertaket består av s.k. "dynamisk isolering" av 100 mm mineralullsisolering försett med en luftgenomsläpplig väv på undersidan. Den "dynamiska isoleringen" fungerar som luftintag då stallet sätts under undertryck med frånluftsfläktar. Byggnaden är också försedd med luftintag i form av spaltdon i innertaket som öppnas upp under sommarförhållande. Vid försök med olika luftintagsöppningar öppnades spaltdon längs stallets norrsida.

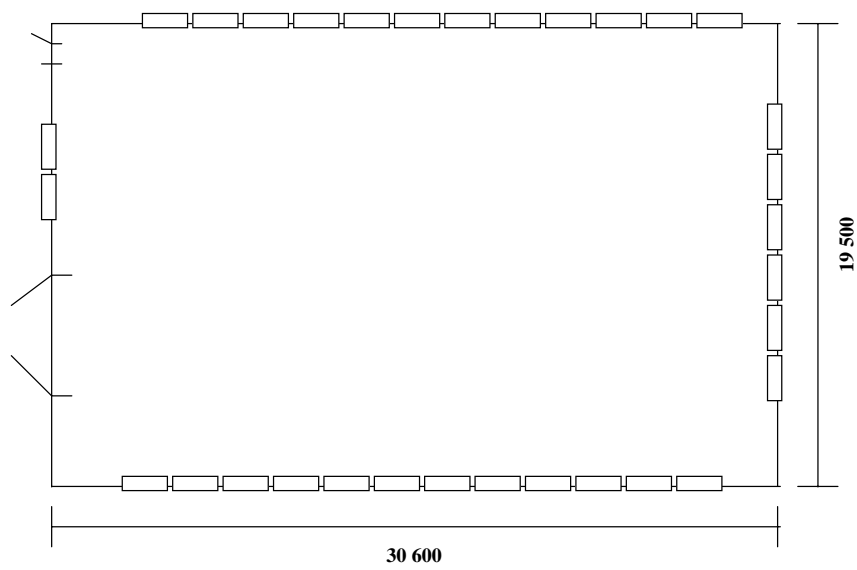
Stallet är utrustat med en väggplacerad frånluftsfläkt som är utrustad med ett motorstyrt spjäll. Stallet är också utrustad med en frånluftsfläkt som är ansluten till en frånluftskanal som suger luft från gödselkylvertarna.



Figur 1. Utformning av isolerat slaktsvinstall (Byggnad 1).

2.3.2 Byggnad 2

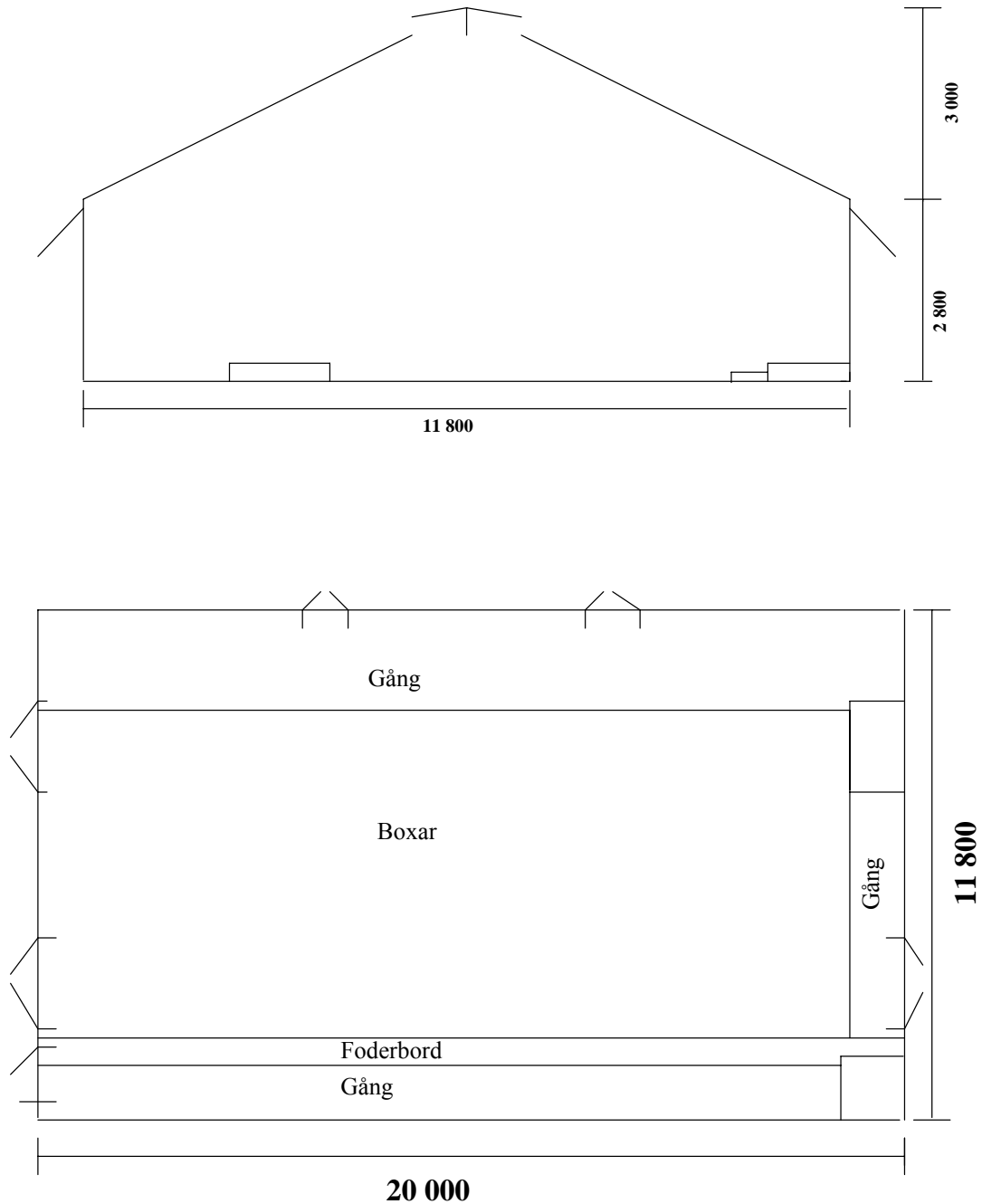
Byggnad 2 är isolerad och har en golvyta av 597 m². Byggnadens luftvolym är 2685 m³. Vid försöken simulerades "naturlig luftväxling" genom att variera antalet öppna fönster på byggnadens långsidor.



Figur 2. Utformning av byggnad 2.

2.3.3 Byggnad 3

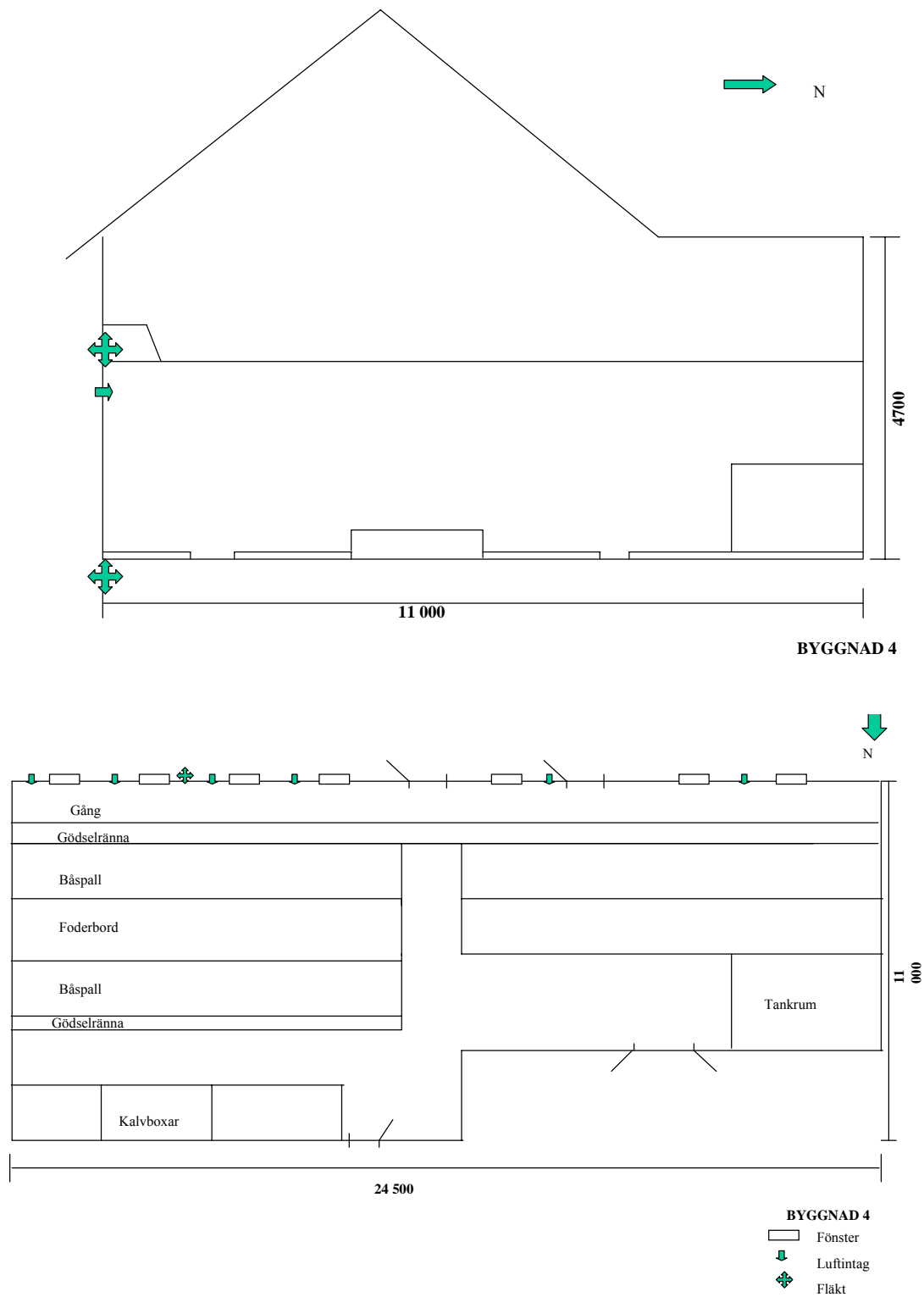
Byggnad 3 är oisolerad med tak och väggar av dubbelskiktade polykarbonatskivor. Ventilationen är s.k. "naturlig ventilation" med 750 mm höga väggluckor och en öppningsbarnock.



Figur 3. Utformning av byggnad 3 (Oisolerad).

2.3.4 Byggnad 4

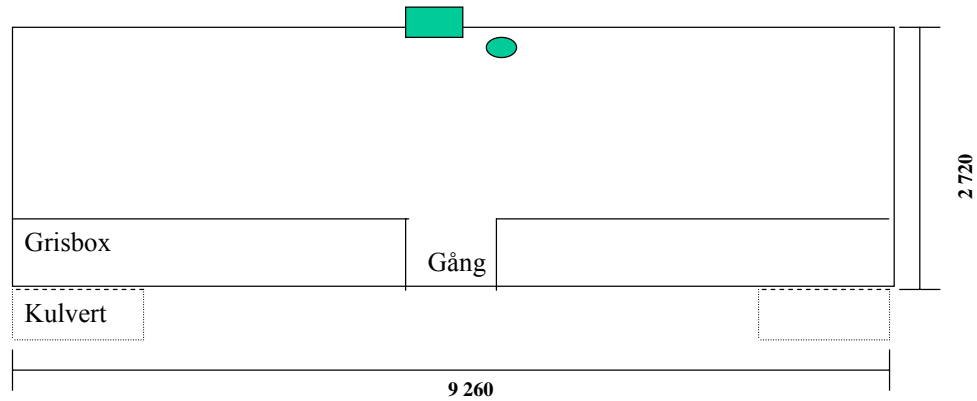
Byggnad 4 är en äldre tegelbyggnad med höskulle. Sex luftintag i form av ventiler är placerade på byggnadens ena långsida. Frånluft evakueras huvudsakligen med hjälp av en takplacerad fläkt men också via utgödslingssystemet.



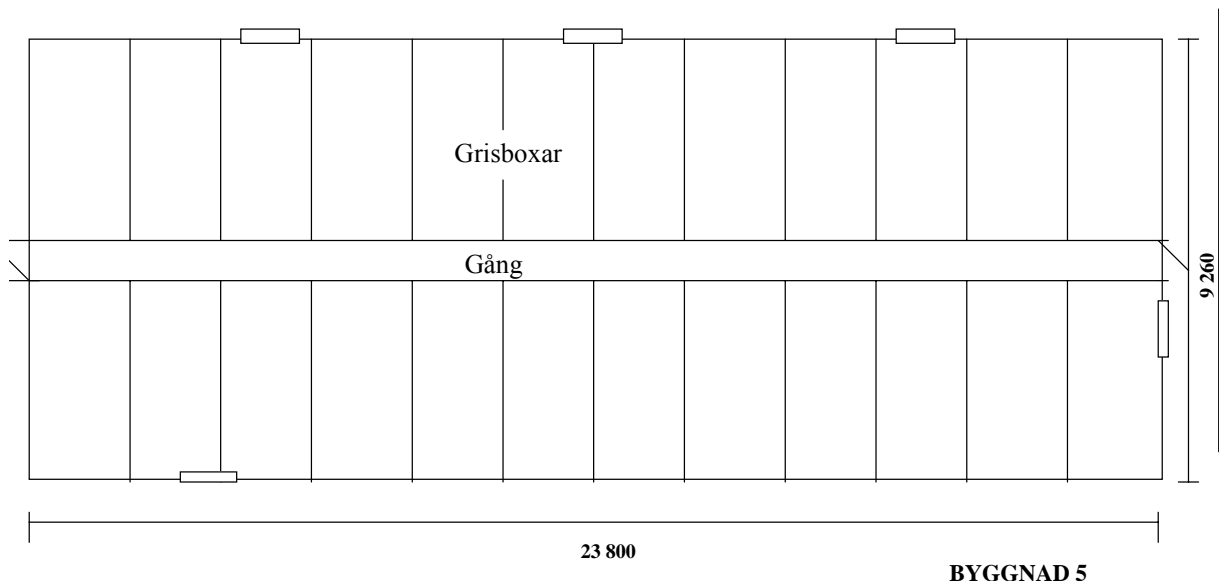
Figur 4. Utformning av mjölkkestall (Byggnad 4).

2.3.5 Byggnad 5

Byggnad 5 är ett isolerat grisningsstall. Tilluft sker med en fläkt genom en tilluftskanal av textilväv. Frånluft evakueras med en fläkt med motorspjäll placerad i innetaket. Luftförbindelse finns med andra avdelningar genom en gemensam utgödslingskulvert.



BYGGNAD 5
 ● Tilluftsdon, vävkanal
 ■ Frånluftsfläkt



Figur 5. Utformning av grisningsstall (Byggnad 5).

3 RESULTAT

3.1 Enkät till producenter

3.1.1 Svarsfrekvens

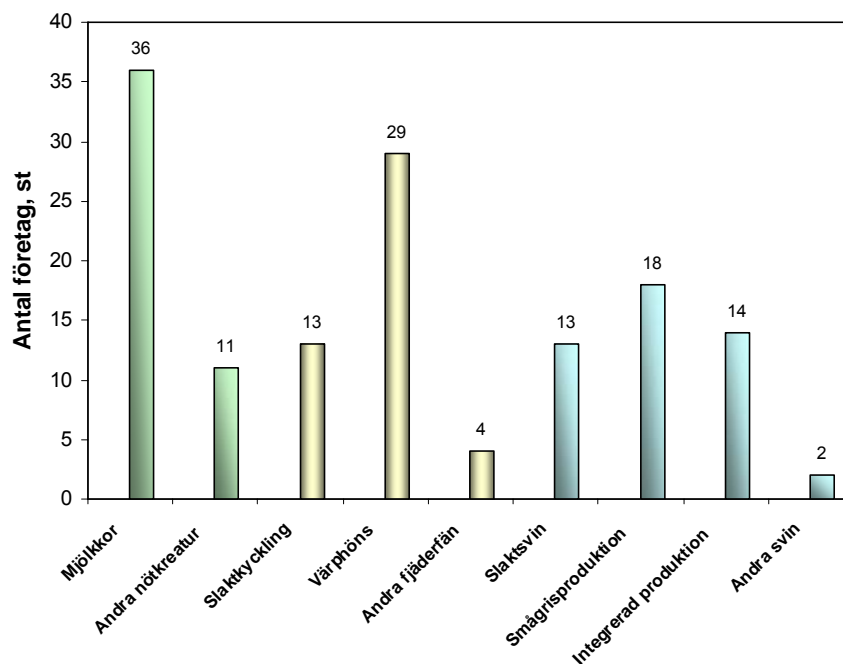
Enkäter skickades ut till företag med fjäderfä, grisar och nötkreatur. Två påminnelser skickades ut till de företag som inte svarat efter en viss tid. Totalt 180 st enkäter skickades ut, 60 st till företag med vardera djurslaget (enligt registret) och svarsfrekvensen var i medeltal 72% (se tabell 1). Nio av de 129 företag som svarade på enkäten hade slutat med djurhållning.

Tabell 1. Antalet utsända enkäter och svarsfrekvens

Djurslag	Antal utsända enkäter	Antal svar	Svarsfrekvens	Antal företag som slutat med djur
	st	st	%	
Fjäderfä	60	48	80	4
Grisar	60	44	73	3
Nötkreatur	60	37	62	2
<i>Alla djurslag</i>	<i>180</i>	<i>129</i>	<i>72</i>	<i>9</i>

3.1.2 Besättningar på gårdarna

I enkäten ombads de som fyllde i enkäten att ange vilka djurslag som fanns på gården och också hur många djur som fanns av djurslagen mjölkkor, slaktkycklingar, värphöns, slaktsvin och suggor. På de olika gårdarna fanns i en del fall kombinationer av olika djurslag förutom olika kategorier av samma djurslag. På några gårdar fanns nötkreatur och slaktkycklingar och på andra fanns exempelvis värphöns och grisar. Antal med en viss djurproduktion framgår av figur 6 och antalet djur i besättningarna framgår av tabell 2.



Figur 6. Antal företag med en viss djurproduktion.

Tabell 2. Antalet djur av olika typ i besättningarna

	Antal djur i besättningarna					Företag
	Medel st	Median st	Min st	Max st	SD st	Antal svar st
Mjölkkor	43	40	9	130	27,5	37
Slaktkycklingar	123 923	65 000	22 000	372 000	107 256	13
Värphöns	32 584	19 630	4700	289 000	51 958	29
Slaktsvin	2726	950	160	39 000	7619	25
Suggor	115	109	16	250	64,9	30

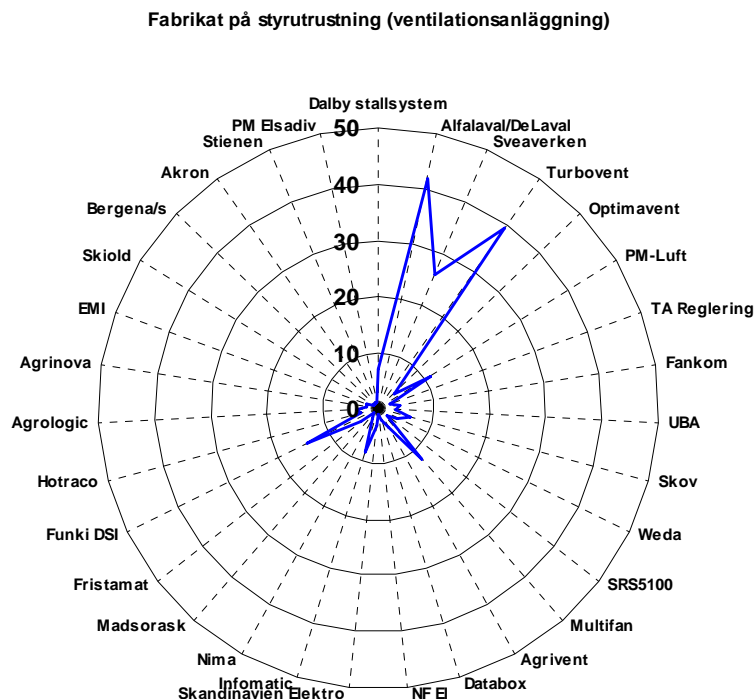
3.1.3 Ventilation och styrutrustning

De allra flesta stallarna hade fläktventilation och endast ett begränsat antal var försedda med naturlig ventilation. I enkäten fanns utrymme för uppgifter om fyra stallar per företag och för de 300 stallar där ventilationstyp angavs var 93% försedda med fläktventilation (se tabell 3). Någon typ av larm förekom i 56% av de stallar där uppgift om förekomst lämnades.

Tabell 3. Antal stallar med fläktventilation och larm

	Antal stallar st	Andel av stallarna %
Ventilationstyp		
Fläktventilation	280	93,3
Naturlig ventilation	20	6,7
<i>Totalt antal svar</i>	<i>300</i>	
Förekomst av larm		
Larm finns	158	56,0
Larm finns ej	124	44,0
<i>Totalt antal svar</i>	<i>282</i>	

För 217 stallar angavs vilket fabrikat på styrutrustning som fanns i stallarna. Alfa Laval/DeLaval, Turbovent och Sveaverken var fabrikat som förekom i störst utsträckning (se figur 7).



Figur 7. Antalet stallar med ett visst fabrikat på styrutrustning (ventilationsanläggning).

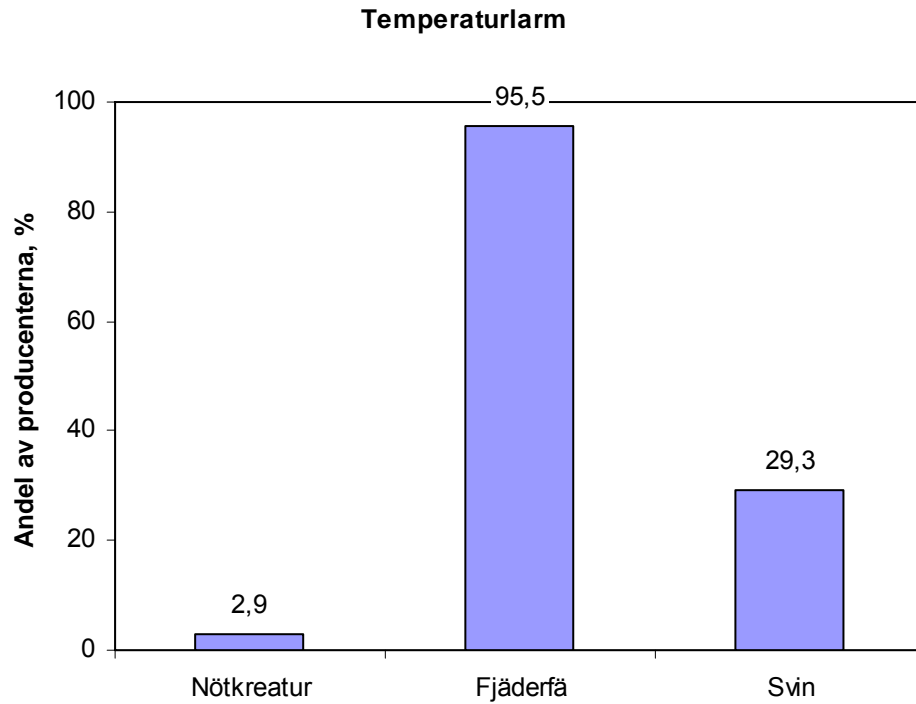
3.1.4 Typer av larm på gårdarna

Olika typer av larm förekommer i olika utsträckning för producenter med olika inriktning. Larm finns i störst utsträckning i fjäderfästallar (se figur 8-12). Larm som varnar vid hög temperatur i stallet och vid elavbrott finns i de allra flesta stallar med fjäderfä. Ungefär två tredjedelar av fjäderfäproducenterna angav också att de har larm som varnar då fläktar stannat p.g.a fel och då det är fel på larmanordningen. Bara ca 1 av 10 fjäderfäproducenter har dock brandlarm (rökdetektorer).

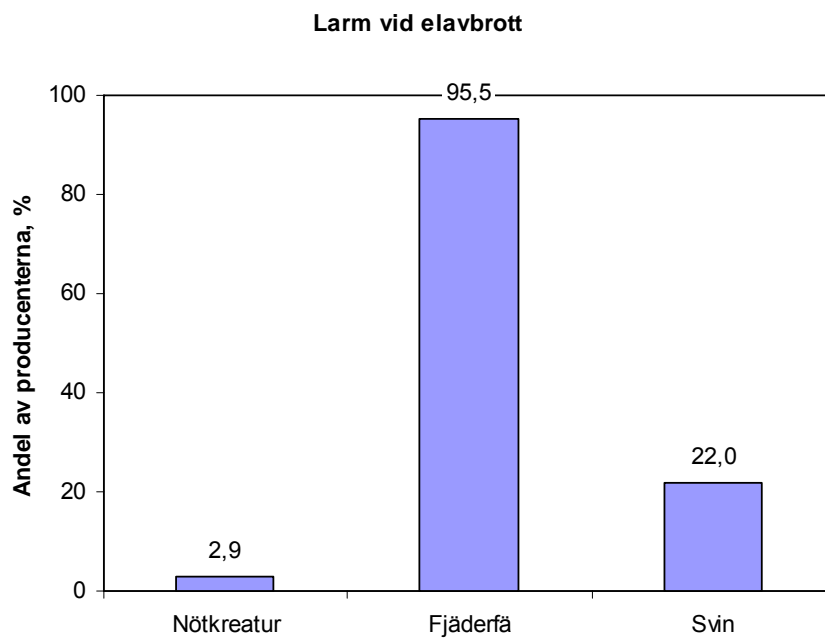
Bland grisproducenterna angav ca 30 % att de har larm som varnar vid hög temperatur i stallet och ca 20 % angav att de har larm som varnar vid elavbrott och då fläktar stannat p.g.a. fel. Ungefär en tjugondel av grisproducenterna angav att de hade larm som varnade vid fel på larmanordningen. Ingen enda av grisproducenterna angav att de har brandlarm.

Larm förekom i liten utsträckning hos de tillfrågade producenterna med nötkreatur. Ca tre procent angav att de hade larm som varnade för hög temperatur, elavbrott, fläktstopp och fel på larmanordningen. Ingen enda angav att de har brandlarm.

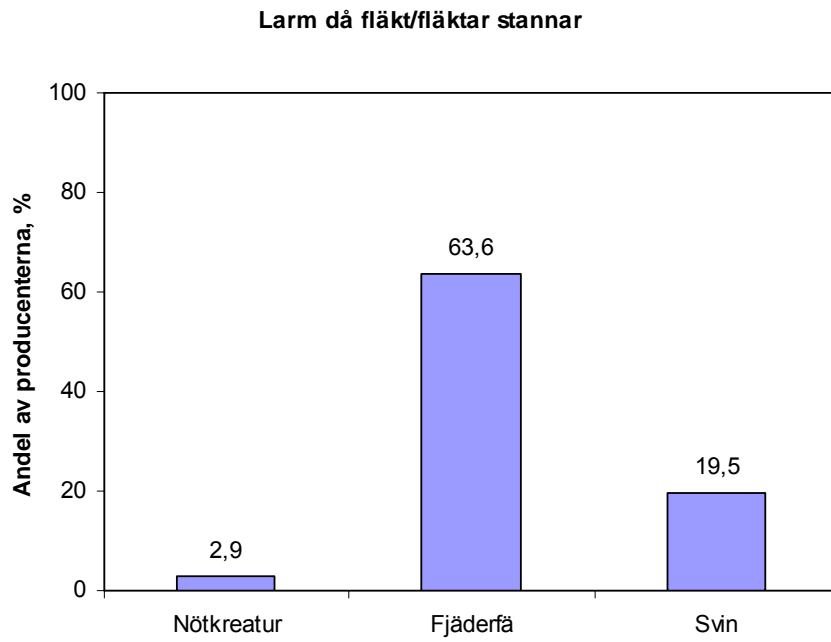
Av de 120 producenter som svarade på enkäten (och som ej slutat) hade 55 företag (1 nöt, 42 fjäderfä, 12 gris) larm som varnade vid hög temperatur, 52 (1 nöt, 42 fjäderfä, 9 gris) hade larm som varnade vid elavbrott, 37 (1 nöt, 28 fjäderfä, 8 gris) hade larm som varnade då fläktar stannat, 31 (1 nöt, 28 fjäderfä, 2 gris) hade larm som varnade vid fel på larmanordningen och 4 (0 nöt, 4 fjäderfä, 0 gris) hade larm som varnade vid brand.



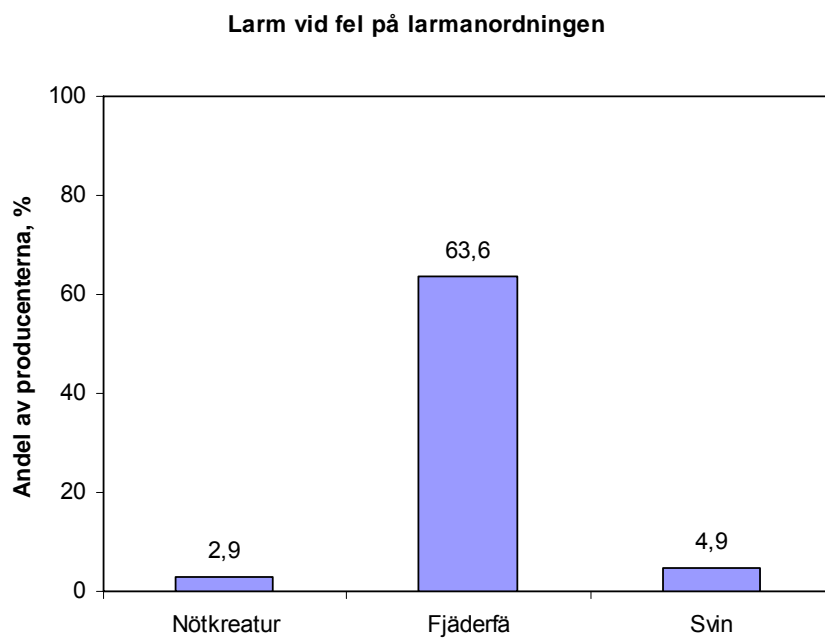
Figur 8. Andel producenter med olika djurslag som anger att larm som varnar för hög temperatur i stallet finns.



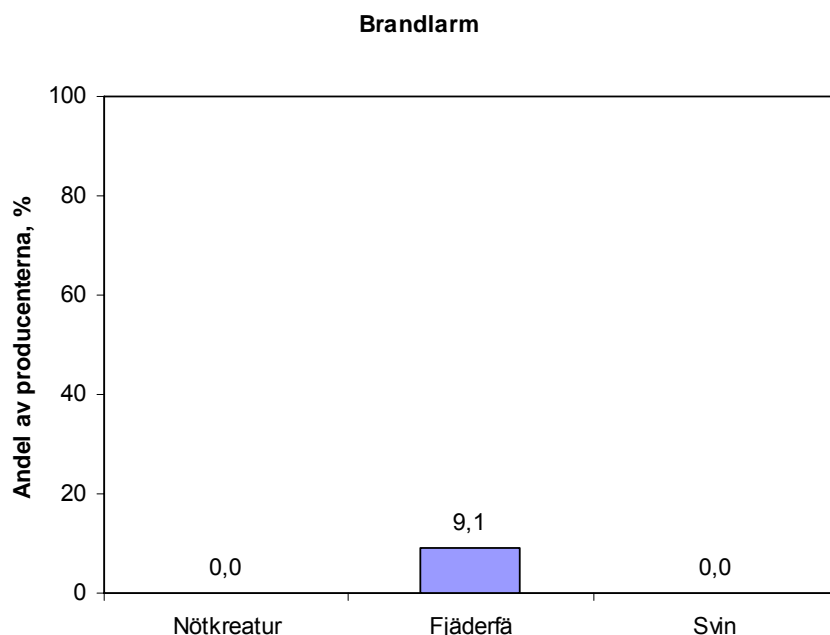
Figur 9. Andel producenter med olika djurslag som anger att larm som varnar vid elavbrott finns.



Figur 10. Andel producenter med olika djurslag som anger att larm som varnar då fläktar stannat finns.



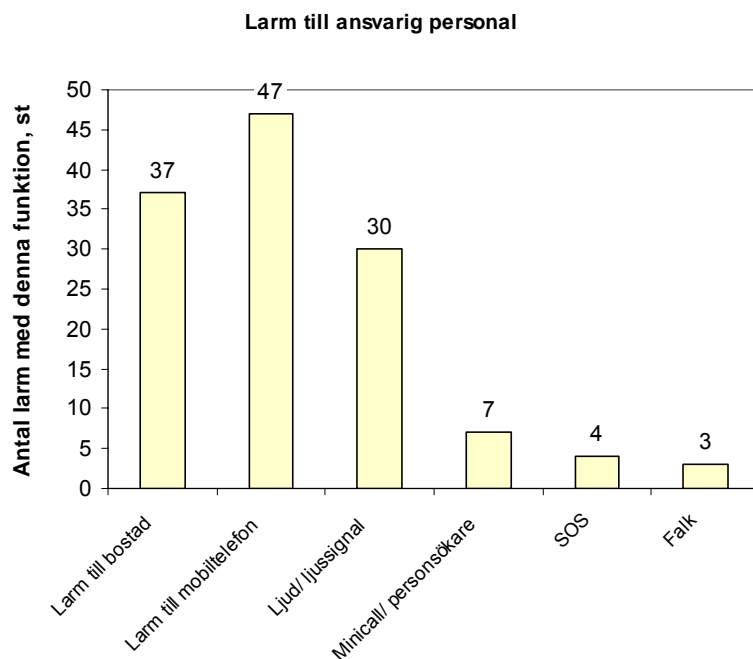
Figur 11. Andel producenter med olika djurslag som anger att larm som varnar för fel på larmanordningen finns.



Figur 12. Andel producenter med olika djurslag som anger att larm som varnar för brand finns.

3.1.5 Larm till ansvarig personal

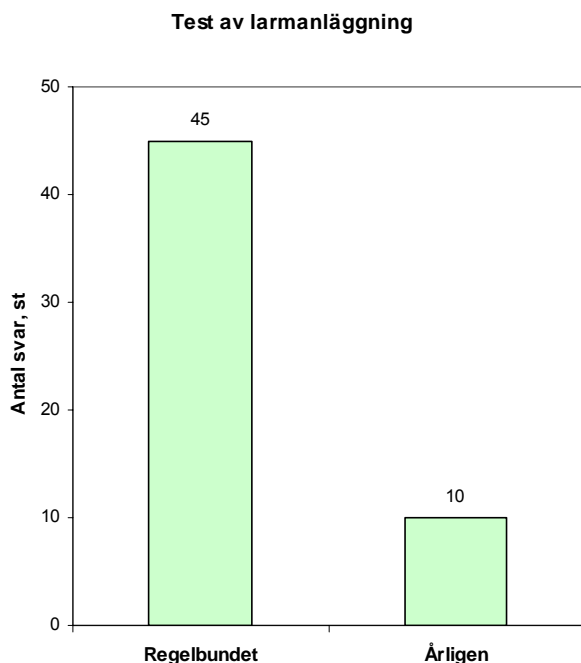
Olika system finns för att uppmärksamma ansvarig personal om att ett larm har utlöst. De 56 producenter som angav att någon typ av larm fanns i stallarna hade ofta kombinationer av olika tekniker för att uppmärksamma larmet. Många har system där det larmar både med ljud- / ljussignaler, med larm som går till bostaden och med larm som går till mobiltelefon och hos en del producenter går larmet sedan vidare till en larmcentral, exempelvis SOS Alarm eller Falk. Funktionen med larm till mobiltelefon förekommer i de flesta anläggningarna (se figur 13).



Figur 13. Förekomst av olika system för att uppmärksamma ansvarig personal på att ett larm har utlöst. Totalt angav 56 producenter att larm fanns i stallarna.

3.1.6 Test av larmanläggningen

De flesta med larm (mer än 80 %) angav att de testade larmet regelbundet och några angav att de testade larmet årligen (se figur 14).



Figur 14. Angiven regelbundenhet för testkörning av larm.

3.1.7 Risk för gödselgaser i stallet vid ventilationsavbrott

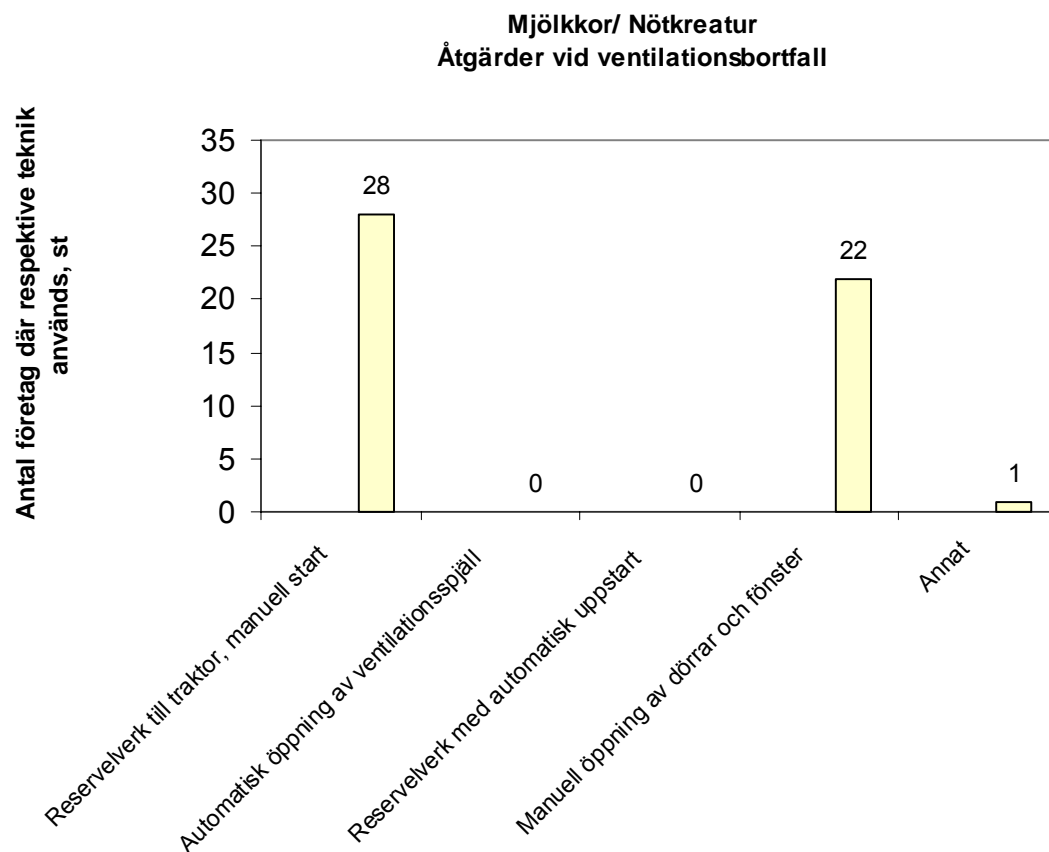
Endast ett fåtal, 3,5 % av de 114 som svarade på frågan, ansåg att det fanns risk för att gödselgaser trängde in i stallet från gödselkulvertar och gödselbehållare vid ventilationsbrott. På frågan hur detta undviks svarade en del att gummidukar i kulvertarna förhindrade detta. En producent menade att det gick att undvika olägenhet genom att se till att gödsla ut dagligen och se till så att ingen gödsel finns i kulverten.

3.1.8 Åtgärder vid ventilationsavbrott

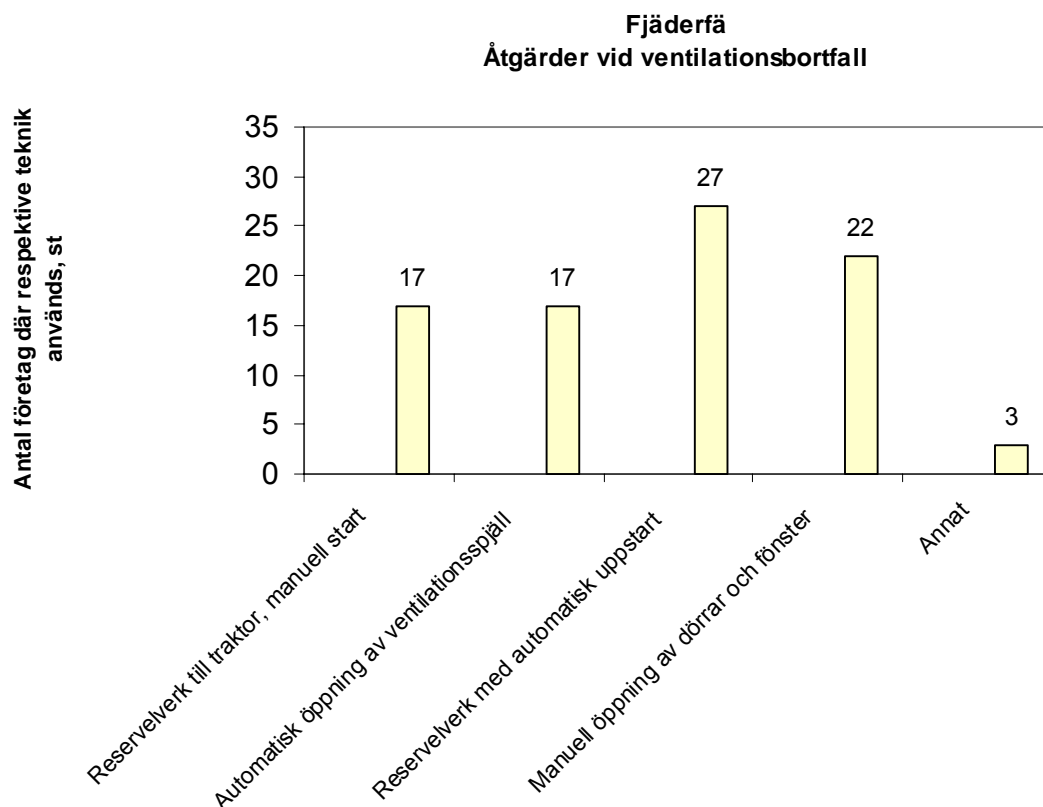
Enligt svaren från gårdarna med mjölkproduktion och nötkreatur åstadkoms nödventilationen nästan uteslutande manuellt med hjälp av dörrar och fönster som öppnas manuellt och med hjälp av manuellt startade reservelverk kopplade till en traktor (se figur 15).

Fjäderfäproducenterna åstadkommer nödventilation med hjälp av automatiska system i stor utsträckning (se figur 16). De automatiska systemen hos fjäderfäproducenterna kombineras med manuell öppning av fönster och dörrar och med manuell start av reservelverk kopplade till traktorer (se figur 16).

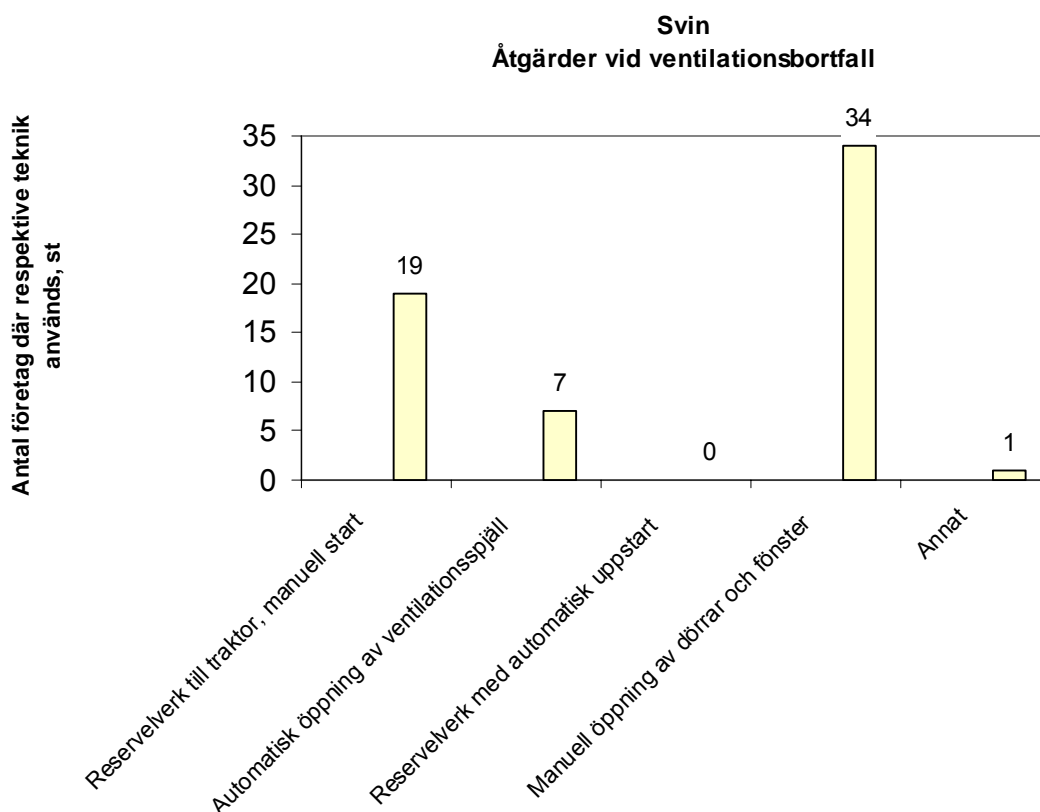
På gårdarna med grisproduktion åstadkoms nödventilation i stor utsträckning med hjälp av fönster, dörrar och manuellt startade reservelverk kopplade till traktor, men det finns också en del producenter som har automatik (se figur 17).



Figur 15. Åtgärder för nödventilation vid ventilationsbortfall på gårdarna med mjölkkor och nötkreatur.



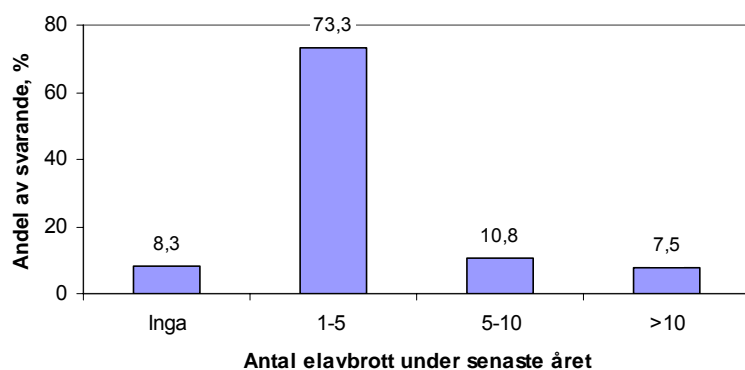
Figur 16. Åtgärder för nödventilation vid ventilationsbortfall på gårdarna med fjäderfä.



Figur 17. Åtgärder för nödventilation vid ventilationsbortfall på gårdarna med grisar.

3.1.9 Elavbrott - förekomst och skador

Elavbrott är relativt vanliga och av de 120 producenter som svarade på frågan hade 88 företag haft 1-5 elavbrott under senaste året. På en del ställen är elavbrott vanligare och 7,5 % hade haft mer än 10 elavbrott under det senaste året (se figur 18). Inga av de tillfrågade hade emellertid haft djur som dött till följd av elavbrotten. Cirka 70 % av de som svarade angav att det fanns en plan för hur nödventilation skall organiseras i fall av strömavbrott. 30 % angav att de inte hade någon plan.



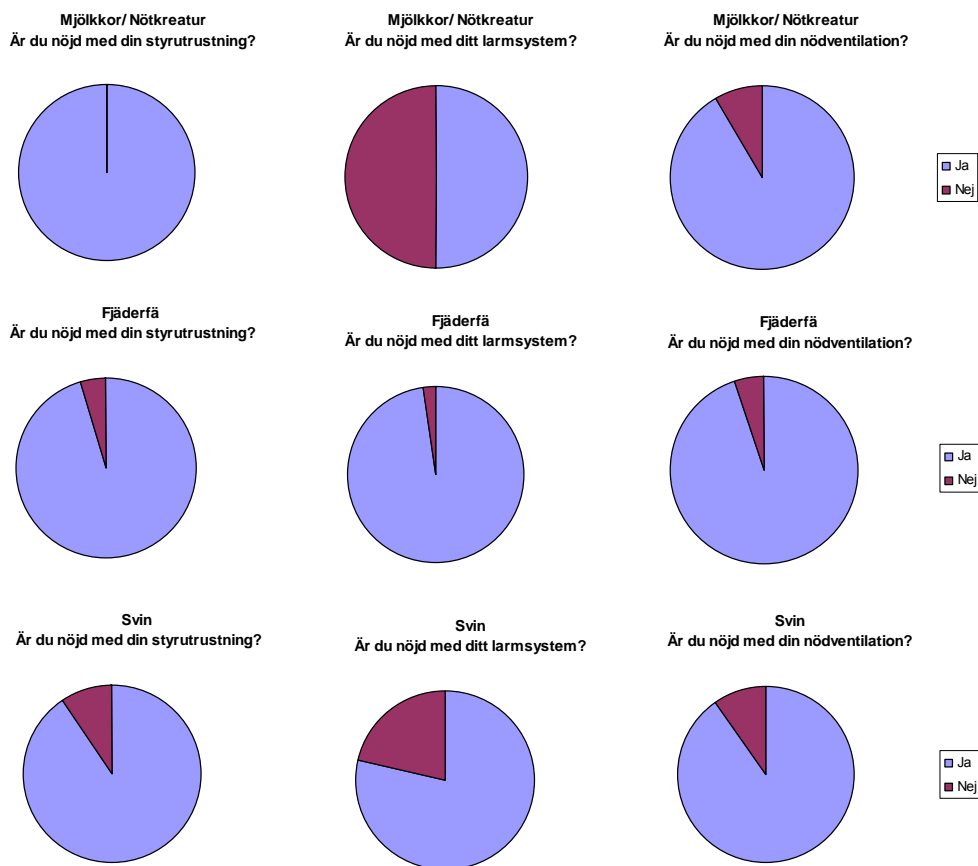
Figur 18. Förekomst av elavbrott hos de tillfrågade producenterna.

3.1.10 Bedömning av styrutrustning, larm och nödventilation

På frågan om hur nöjda de var med sina anläggningar var de allra flesta nöjda med både styrutrustning, larmsystem och nödventilation (se tabell 4 och figur 19). Diagrammen i figur 19 tycks indikera ett utbrett missnöje med larmsystem bland dem som har mjölkkor/nötkreatur. Detta är knappast fallet. På frågan om hur nöjda de var med sitt larmsystem svarade bara två producenter med nötkreatur, en som var nöjd och en som var missnöjd. Generellt sett tycks missnöjet vara något större bland producenter med grisar i jämförelse med producenter med fjäderfä eller nötkreatur.

Tabell 4. Antal producenter inom olika produktionsgrenar som angav att de var nöjda respektive missnöjda med styrutrustning, larmsystem och nödventilation

Produktion	Tillfredsställelse med befintlig utrustning								
	Styrutrustning			Larmsystem			Nödventilation		
	Nöjd	Missnöjd	Antal svar	Nöjd	Missnöjd	Antal svar	Nöjd	Missnöjd	Antal svar
	st	st		st	st		st	st	
Mjölkcor / Nötkreatur	23	0	23	1	1	2	11	1	12
Fjäderfä	43	2	45	43	1	44	37	2	39
Grisar	29	3	32	11	3	14	28	3	31
Alla djurslag			100			60			82



Figur 19. Andel producenter som var nöjda respektive missnöjda med sin styrutrustning, sitt larmsystem och sin nödventilation. Procentuell andel av de svarande på aktuell fråga.

3.1.11 Förslag till förbättringar

En rad olika åtgärder kan naturligtvis göras för att förbättra systemen. Vilka förbättringar som kan vara aktuella är beroende av befintliga förutsättningar och förhållanden på gården. Någon av producenterna som svarade på enkäten pekade på problemet att en automatisk öppning av tilluftsdon/frånluftsdon (frånluftsöppningar) p.g.a. falsklarm kan leda till för låga temperaturer vintertid. Någon annan uppmärksammade problemen med det markbundna telefonnätet vid åska och föreslog omkoppling till mobiltelefoni. I övrigt framkom synpunkten att lufttrummor med takfläktar ger en viss ventilation även då fläktarna stoppat.

På en del gårdar finns ett antal personer som kan åtgärda de problem som dyker upp då problem uppstår.

Någon menade att strömavbrott med längre varaktighet är väldigt sällsynta och att strömavbrott i de allra flesta fall oftast är kortare än 1 timme.

På frågan "Vad kan förbättras?" angavs följande synpunkter:

- Allt
- Allt, om man har en obegränsad lönsamhet skulle man kunna göra ofantliga förbättringar på alla områden
- Arbete pågår för att säkerställa reservdrift
- Att ha ett reservverk

- Att larmet kopplas om till mobilnät vid brott på markbunden telefoni (åska)
- Att ventilationen inte öppnar automatiskt vid strömavbrott på vintern, det drar ut värmen i stallet
- Automatisering
- Ekonomin
- Elförsörjningen. Vattenfall dålig elförsörjare
- Elnätet
- En ännu effektivare nödventilation
- Förbättringar behövs ej
- Installera brandvarnare
- Kan montera in larm på befintliga styrsystem, är anpassade för larm
- Kvaliteten på fläktmotorerna
- Larm
- Larm till mobil
- Larmsystem
- Larmutrustning
- Mycket kan naturligtvis förbättras men eftersom vi har takfläktar fungerar självdrag bra. Dessutom är alla elledningar nedgrävda i området, det går även få el-ström från 2 håll
- Nödventilationen
- Reservverk med automatisk start
- Reservverk vore önskvärt
- Utbyggnad av larmsystemet pågår

3.2 *Beskrivning av olika fabrikat*

Information och broshyrer samlades in från olika fabrikat och nedan presenteras en del samlade data om vad som kännetecknar de olika fabrikaten och de olika modellerna

3.2.1 DELAVAL

Prima Safe T:

- Känner av temperatur med hjälp av en termostad
- Batteribackup som räcker minst ett dygn i bevakningsläge. Vid larm varar batteriet tre timmar
- Indikeringslampor för nätspänning, spänningsbortfall och defekt/ urladdat batteri

PV1000:

- Automatisk reglering av fläktar och tillskottsvärme
- Temperaturavkännare
- Styr automatiskt varvtalsreglerad fläkt genom att känna av temperaturen
- Stegfläktar kan kopplas in då temperaturen överstiger 3 grader Celsius över börvärdet

PV2500:

- Givare för stalltemperatur
- Flera utgångar för fläktar och tilluftsdon

PV3000:

- Energisnål
- Flera utgångar för fläktar

3.2.2 NYA STALLSYSTEM AB

PTE10:

- Kan styra fläktar, luftintag, spjäll, värmelampor och shuntventiler för värme. Förberedd för larm vid avvikande temperaturer. Framförallt avsedd för grisstallar

PRE6/10:

- Kan styra flera fläktar samt reglera spjällmotorer automatiskt mot önskad stalltemperatur. Framförallt häststallar.

3.2.3 BRÖDERNA SKOV

DOL2200:

- Larmar med siren, ljussignal, telefonuppringning samt inspelad röst i megafon
- Kan kopplas så att flera telefoner rings upp i förutbestämd ordning

DOL2020:

- Larmar vid för hög/ låg temperatur i stallet
- Har tre backuptermostater som kan med anläggningens hjälp styra/ öka ventilationen i tre steg
- Kan även installeras för att larma om tom silo, larm från klimatdator osv.
- Larm kan ges via tutande, blinkande ljus, siren eller telefonuppringning

DOL2100:

- Larmar med siren, blinkljus och telefon
- Kan larma vid tom silo osv.

DOL278T:

- Nödöppningssystem kopplat till klimatdator
- Öppnar upp ventilation beroende på temperatur vid tekniksvikt, strömbortfall eller annat fel
- Nödventilation aktiveras då stalltemperaturen överskrider den förinställda temperaturen. Öppnas ej 100 % på en gång
- Utrustad med separat temperaturkännare och ej beroende av klimatdatorn. Klimatdatorn övervakar nödventilationsutrustningen och varnar då batterierna börjar bli gamla

3.2.4 SVEAVERKEN

PRIMAVENT1000:

- Kan styra tre varvtalsreglerade fläktar samt ett steg

PRIMAVENT3000:

- Kan styra tre varvtalsreglerade fläktar, två typer av ställdon och tre steg. En stegutgång kan användas till larmgivare.

MASTERSAFE larmcentral:

- Övervakar temperatur i upp till fem avdelningar
- Larmar för temperatur, foderanläggningen, elnät, ventilationsutrustning
- Larmar genom telefonuppringning, ljussignal och ljudsignal

3.2.5 BIG DUTCHMAN

MC278T:

- 24 Volts batteri
- Öppnar inte upp nödventilation direkt. Öppningens storlek beror på temperaturen
- Larmar om temperaturgränsen för nödöppning är för högt ställd

3.2.6 SKIOLD

SKIOLD ASTRA:

- En stegutgång kan användas till larm vid min/max temperaturer samt fel på temperaturavkännare
- Larm vid fel på rumsavkännaren

3.2.7 DISCOVERY ALARMSYSTEM

DISCOVERY ALARMSYSTEM:

- Larmar vid för höga temperaturer
- Övervakar larmanläggningens batteri, kännare, sirener m.m
- Larmet kan anslutas till telefonuppringning, upp till fyra telefonnummer
- Talbesked vid uppringningen

3.2.8 APOLLO MULTI

APOLLO MULTI:

- Larmar vid min/maxtemperatur
- Larmar vid defekt temperaturavkännare

3.2.9 MULTIFAN

ACH- 5 :

- Lampa indikerar vad som är fel
- Larmfördröjning- 25 sekunder från felsignal till larm startar
- Larmar när störningar i eltillförseln uppträder, till exempel brott på kabel
- 3, 5 eller 9 minuter från felsignal tills det att larm ringer upp telefon
- Larmet upprepas efter 25 minuter om felet ej blivit åtgärdat
- Ventilation, uppvärmning, utfodringssystem och vattentillförsel kan övervakas
- Larm kan vidarekopplas till annan adress om ägaren ej är hemma

ACH- 1:

- Övervakar de viktigaste funktionerna: ventilation, utfodringssystem och vattentillförsel

- Larm då ström försvinner eller vid brott på kabel
- Larm fördröjd 25 sekunder från felsignalen

3.2.10 INFOMATIC

STIENEN:

- Innehåller komponenter från framförallt Tyskland och Holland
- Stienen ventilationsdator har övervakningssystem för temp., el, vatten etc
- Till larmet ansluts telefonuppringare
- Kan ringa ett stort antal nummer beroende på hur allvarligt larmet är.

3.2.11 TURBOVENT

SATURN:

- Undertrycksanläggning för alla djurslag
- Luftutsug från tak/vägg
- Luftintag från tak/loft
- Styrning kan vara FarmCenter eller FarmMaster
- Luftintag regleras av tryck, temperatur och fuktighet

MERKUR:

- Undertrycksanläggning för alla djurslag
- Luftutsug från tak/vägg
- Luftintag från tak/loft
- Styrning kan vara FarmCenter +FarmMaster eller Platinum Plus
- Luftintag regleras av tryck, temperatur och fuktighet

FARMCENTER:

- Menysystem med 6 områden: Kontroll, Management, Historia, Test, Kalibrering och Konfiguration
- Sparar de trettio senaste larmen

3.2.12 MADSORASK

MERA 140:

- Larm vid för hög/låg temperatur
- Kännare utomhus som hindrar larmet från att starta innan stallets innertemperatur har överskridit yttertemperaturen med fem grader
- Kan ringa upp fyra telefonnummer
- Backup- batteri som träder in vid strömavbrott
- Kan övervaka upp till 10 stallsektioner

MERA 100:

- Ventilationsstyrning med utekännare som automatiskt styr insugsytan när stallets innertemperatur överskridit yttertemperaturen med fem grader
- Temperaturstyrd motorreglering

STORE TRAEKSTATION:

- Elektronisk reglering av hastighet
- Elektronisk utlösning vid överbelastning
- Nödöppning vid strömavbrott

3.2.13 NIMA*Olli IMU 10 XS:*

- Processorstyrd varvtalsregulator som mäter temperatur och styr fläktar
- Har styrsignal för spjäll, alarm och tillslag för värme
- Vid två eller flera fläktar kan enstaka fläktar stängas av automatiskt vid låga temperaturer

Olli IMU 10 P:

- Helautomatisk, steglös varvtalsreglering för en eller flera 1- fasfläktar
- Ställbart min/maxvarv
- Kan kompletteras med tilläggsregulator vid högre belastning än 10 A

3.2.14 ANDRA FABRIKAT

Förutom de ovan beskrivna fabrikaten finns en rad andra fabrikat och modeller t.ex.:

- Dalby Stallsystem
- Alfa Laval
- Optimavent
- PM Luft
- TA Reglering
- Fankom
- UBA
- SRS 5100
- Weda
- NF El
- Termostat
- Agrivent
- Databox
- Skandinavien Elektro
- Hotraco
- Fristamat
- Funki DSI
- EMI
- Agrologic
- Agrinova
- Akron
- PM Elsativ
- Bergena/s-83

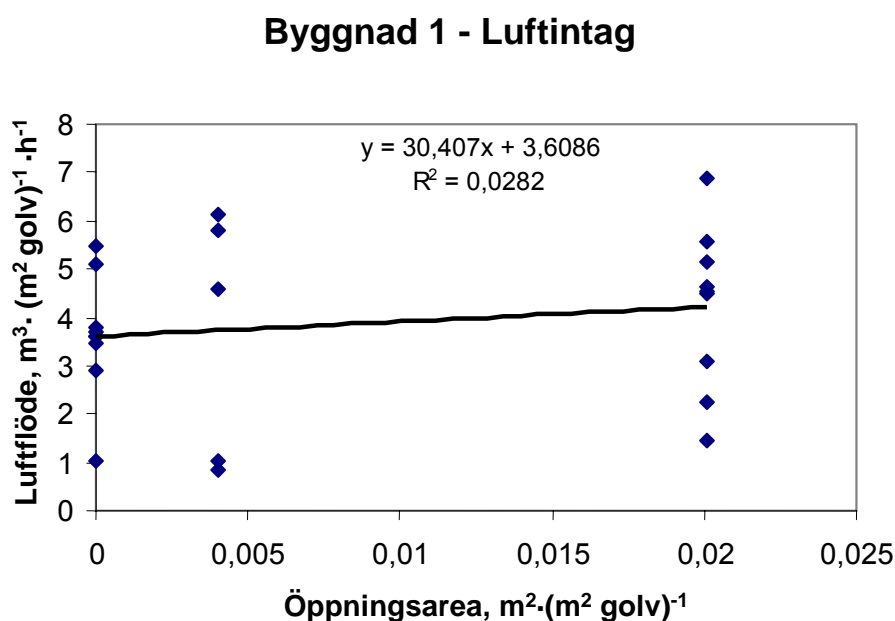
3.3 Inverkan av luftintagsöppningar vid stängda frånluftsdon

Vilken inverkan den totala arean av luftintag har för ventilationsflödet har undersökts i byggnaderna 1 - 4 med stängda frånluftsdon vilket visas i figurerna 20 – 24. vid olika stora luftintagsareor.

3.3.1 Byggnad 1.

Arealen på luftintagen (spaltdon) i byggnad 1 varierades mellan 0.004 och 0.02 m² per m² golvarea. Flödet vid stängt frånluftsdon (stängd fläkt och stängt spjäll) varierade då inom intervallet 1.6 och 5.6 m³ per m² golvarea och timme. En förklaring till den relativt stora variationen i flöde kan vara vindpåverkan. Luftintagsarean har i detta fall haft mindre betydelse.

De uppmätta flödena var lägre än den s.k. dimensionerande minimiventilationen för djurstallar. En trolig orsak till den begränsade ökningen av luftomsättning med ökande öppningsarea för spaltdonen är att ett visst luftutbyte sker genom tilluftstaket hela tiden och vidare att endast luftintag på en sida av byggnaden (norrvidan) öppnades. Denna sida var också bedömningsvis oftast läsidan då försöken utfördes.



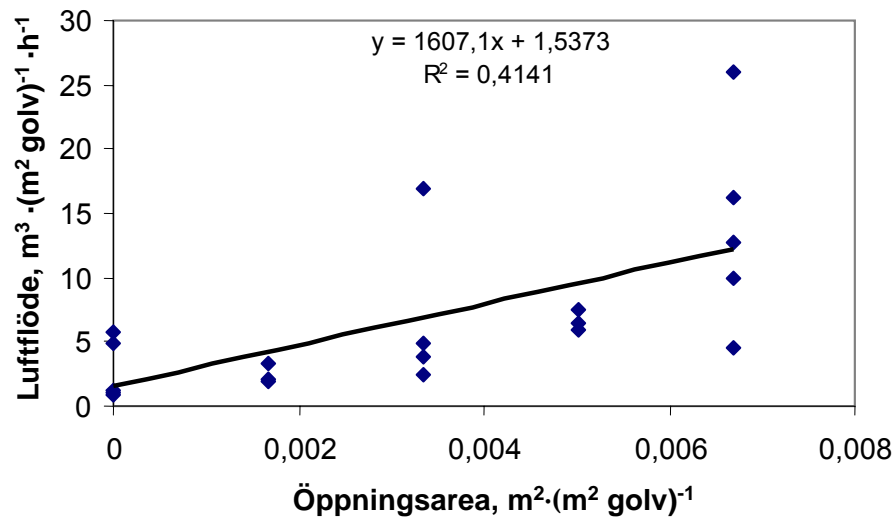
Figur 20. Inverkan av den totala luftintagsarean för ventilationsflödet i byggnad 1 vid stängt frånluftsdon.

3.3.2 Byggnad 2.

I byggnad 2 varierades luftintagsarean (öppnade fönster) mellan 0 och 0.067 m² per m² golvarea. Flödet varierade då inom intervallet 0.07 och 17.9 m³ per m² golvarea och timme. En förklaring till den stora variationen i flöde är troligen vindpåverkan mot de öppnade fönsterna.

Vid stängda fönster var ventilationsflödet så lågt som 1 m³ per m² golvarea och timme.

Byggnad 2 - Luftintag

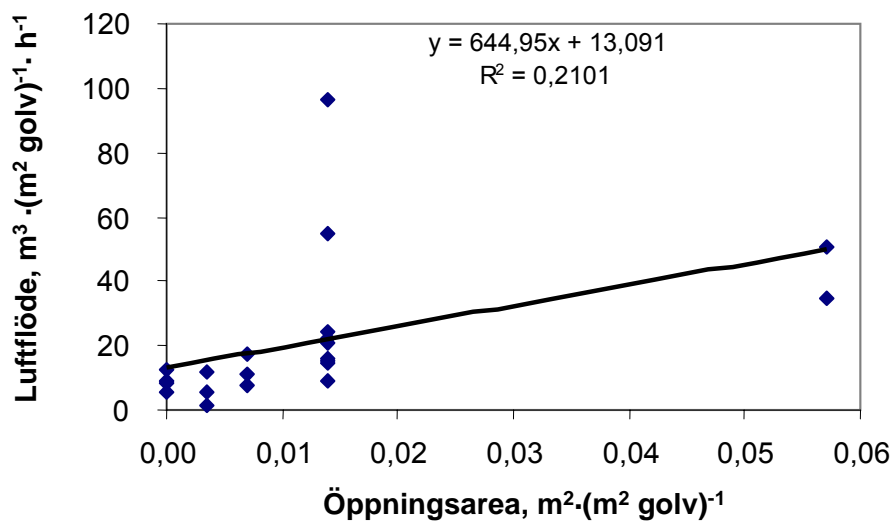


Figur 21. Inverkan av den totala luftintagsarean för ventilationsflödet i byggnad 2.

3.3.3 Byggnad 3

I byggnad 3 uppmättes ökande ventilationsflöde vid ökande area på luftintagen (sidoluckor), figur 22.

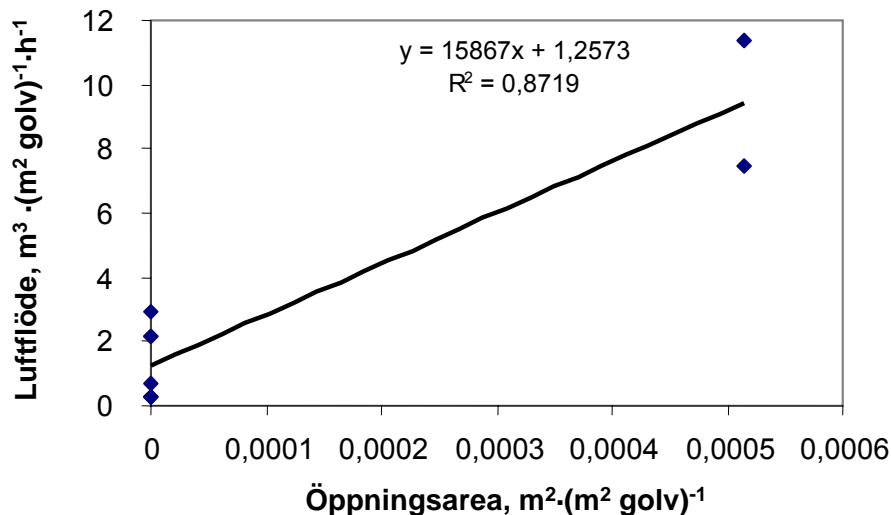
Byggnad 3 - Sidoluckor



Figur 22. Inverkan av den totala luftintagsarean för ventilationsflödet i byggnad 3 vid stängd taknock.

3.3.4 Byggnad 4

Byggnad 4 - Luftintag



Figur 23. Inverkan av den totala luftintagsarean för ventilationsflödet i byggnad 4 vid stängt fläktspjäll.

3.3.5 Byggnad 5

Uppmätt luftväxling i Byggnad 5 då fläktarna var avstängda framgår av tabell 5.

Tabell 5. Uppmätt luftväxling i Byggnad 5 vid avstängd ventilation

Mätning Nr	Öppningar		Uppmätt vindhastighet m/s	Luftväxling Oms/h	Luftflöde m³/h per m² golv
	Tilluft	Frånluft			
1	Fläkt av	Spjäll stängt	7,5	0,454	1,24
2	Fläkt av	Spjäll stängt	7,5	0,406	1,10

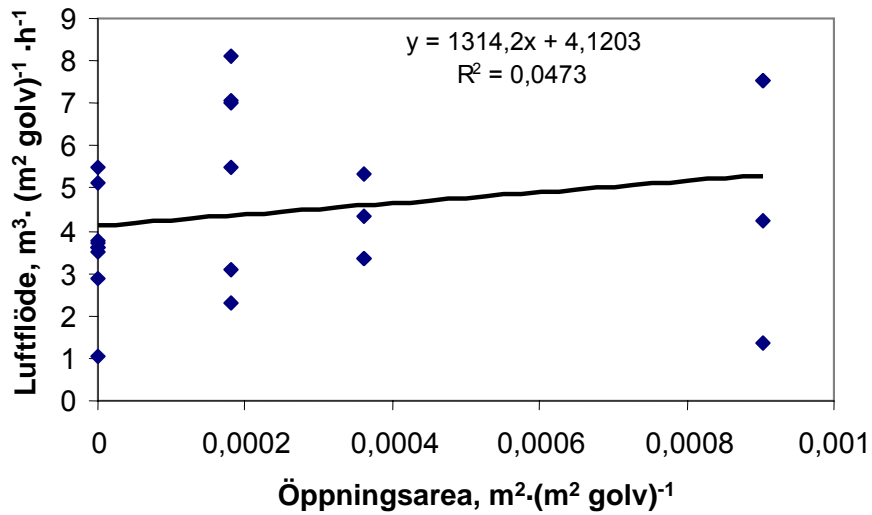
3.4 Inverkan av frånluftsöppningar vid stängda luftintag

Inverkan av öppningar i frånluftsdon för ventilationsflödet vid stängda luftintag har undersökts i byggnaderna 1, 3 och 4, se figurerna 24 - 28.

De uppmätta ventilationsflödena skilde sig mycket kraftigt vilket berodde på stora skillnader i areorna på frånluftsöppningarna.

3.4.1 Byggnad 1

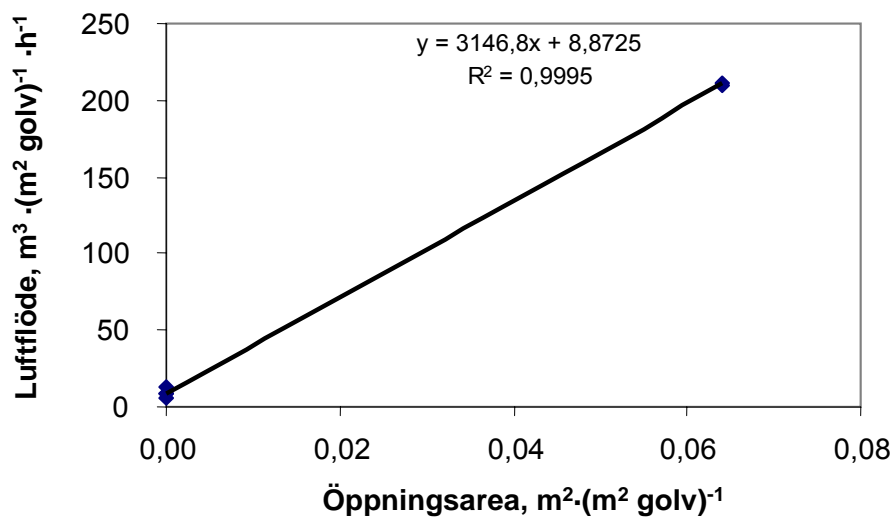
Byggnad 1 - Fläktspjäll



Figur 24. Inverkan av den totala öppna spjällarean för frånluftsflödet i byggnad 1 vid stängda luftintag.

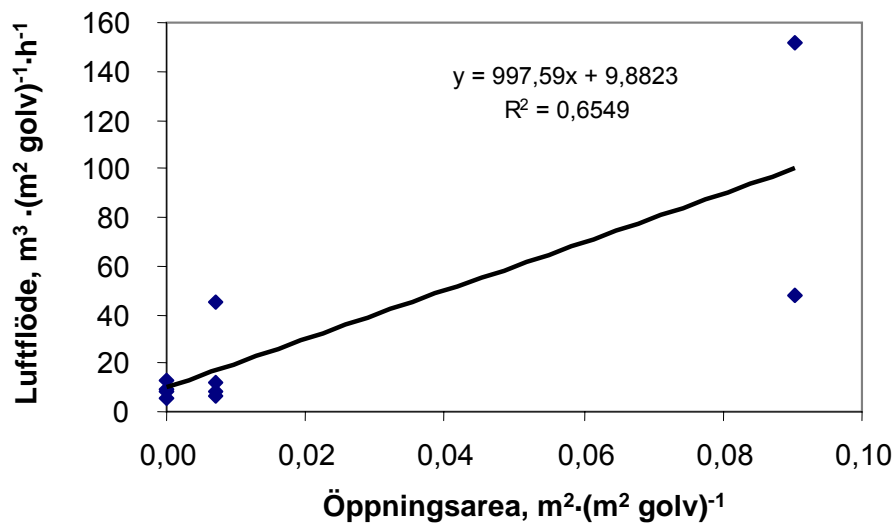
3.4.2 Byggnad 3

Byggnad 3 – Sideluckor och Taknock



Figur 25. Inverkan av den totala öppningsarean för ventilationsflödet i byggnad 3 vid öppna sideluckor och 40 mm öppning i taknock.

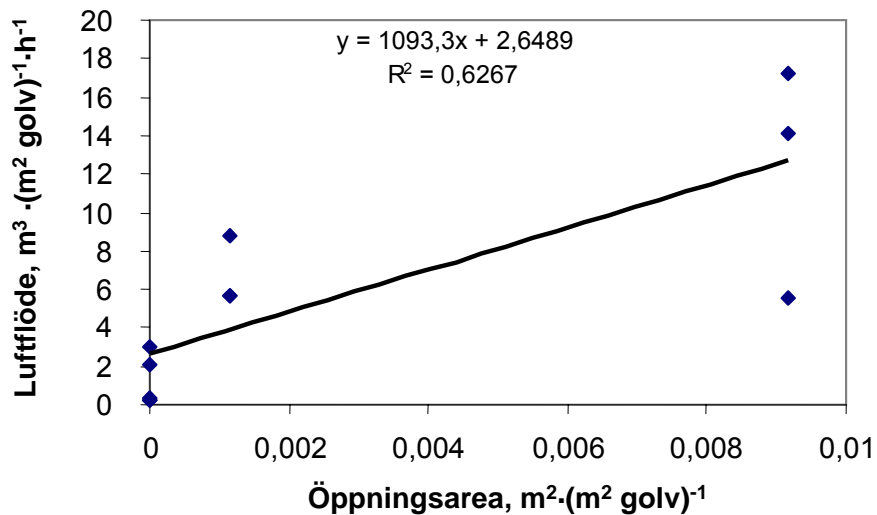
Byggnad 3 - Taknock



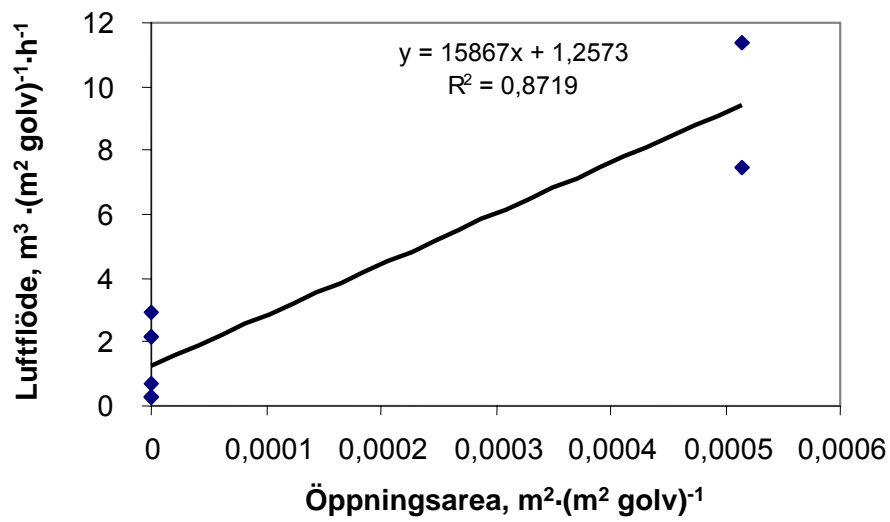
Figur 26. Inverkan av den totala arean hosnocköppningar för frånluftsflödet i byggnad 3 vid stängda sidoluckor.

3.4.3 Byggnad 4

Byggnad 4 - Luftintag och Fläktspjäll



Figur 27. Inverkan av den totala öppningsarean i byggnad 4 vid öppning i fläktspjäll och öppna luftintag.

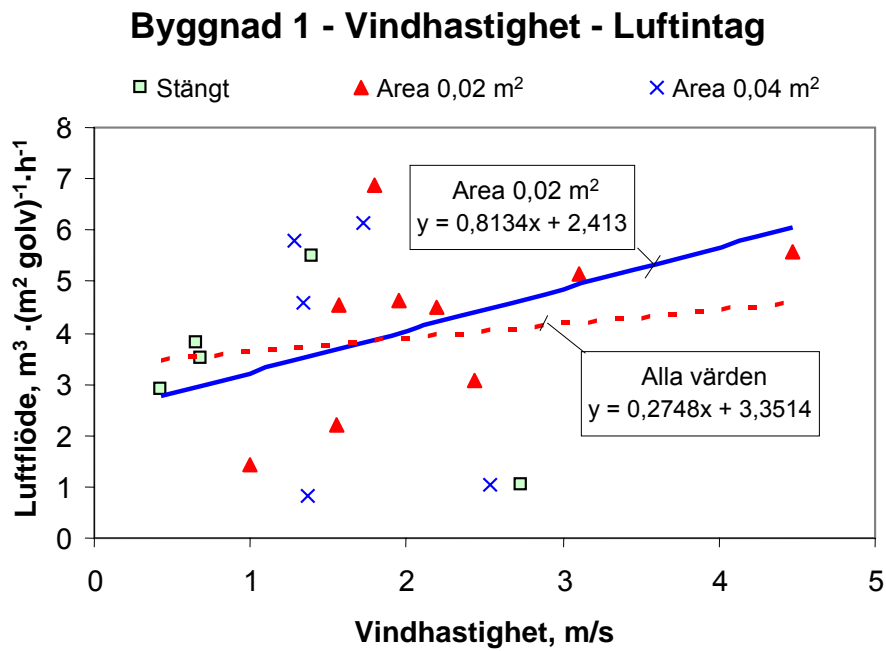
Byggnad 4 - Luftintag

Figur 28. Inverkan av den totala öppna spjällarean för flödet i byggnad 4 vid stängda luftintag.

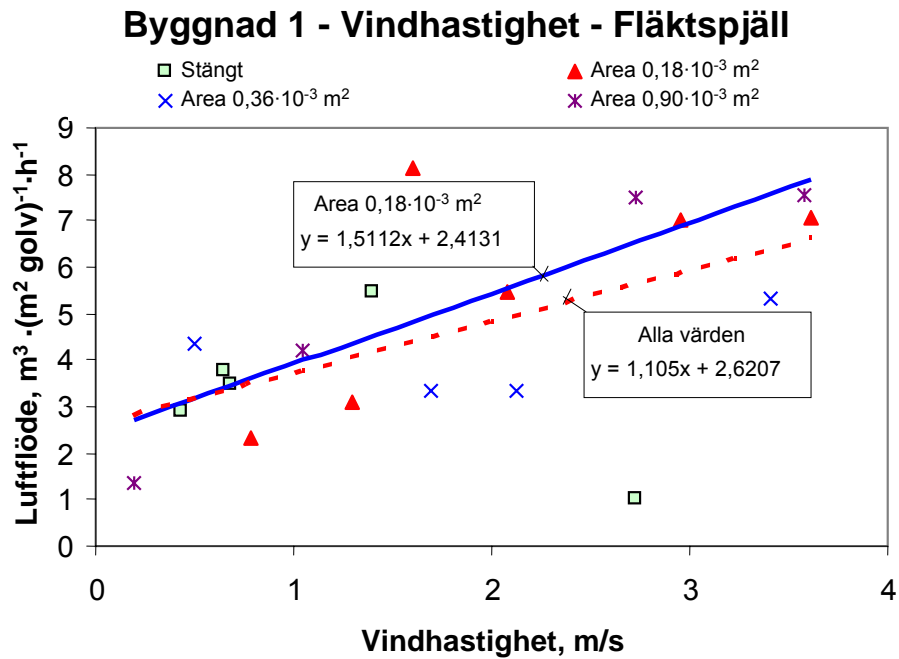
3.5 Inverkan av vind

Vindhastighetens inverkan på ventilationsflödet undersöktes i byggnaderna 1, 3 och 4, se figurerna 29-36. Det framgår att ventilationsflödet ökar med ökad vindhastighet mot byggnaderna.

3.5.1 Byggnad 1

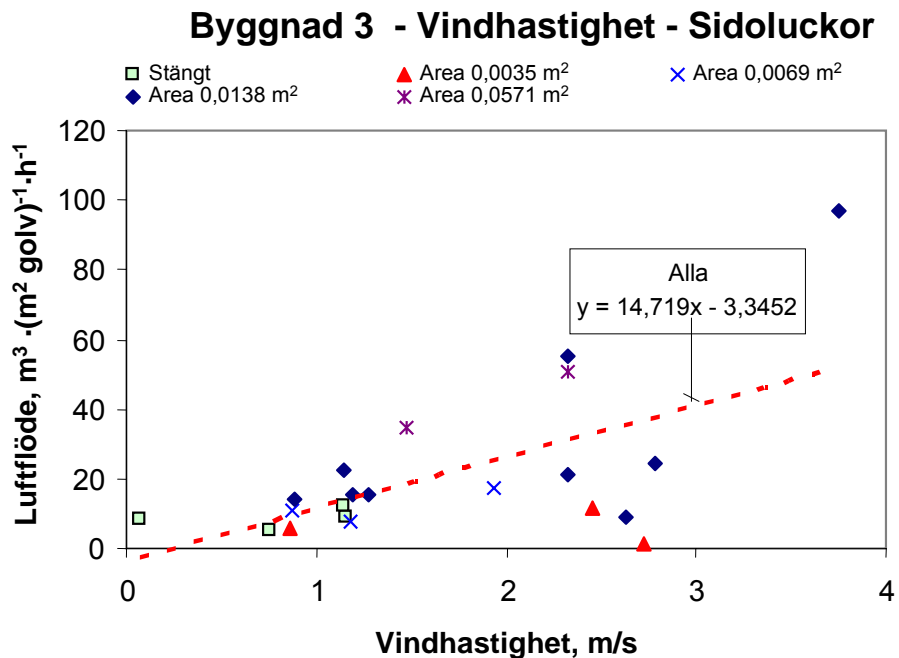


Figur 29. Inverkan av vindhastighet på ventilationsflöde i byggnad nr 1 vid öppna spaltdon och stängt frånluftspjäll.

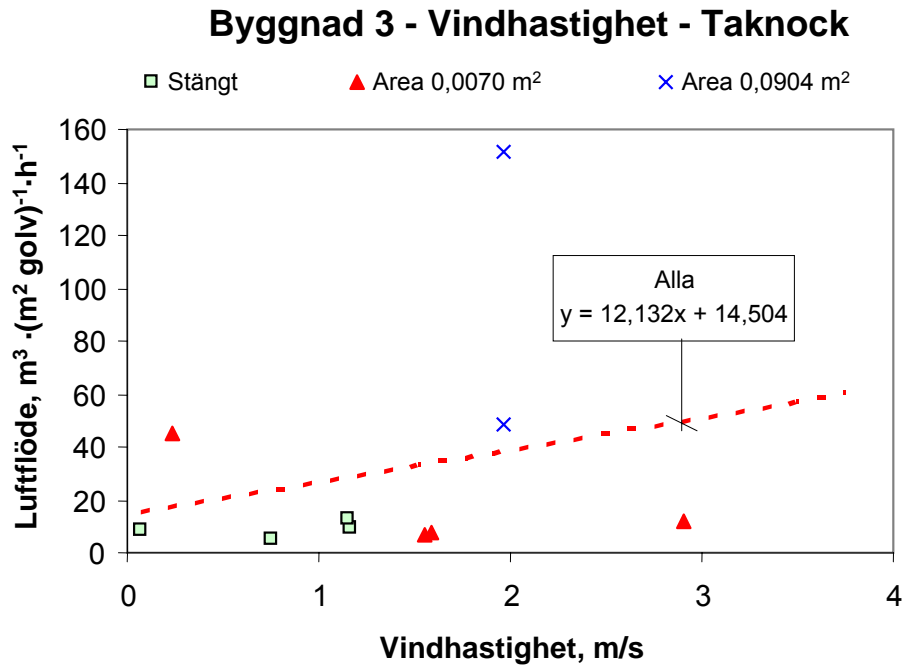


Figur 30. Inverkan av vindhastighet på ventilationsflöde i byggnad nr 1 vid stängda spaltdon och öppet frånluftspjäll.

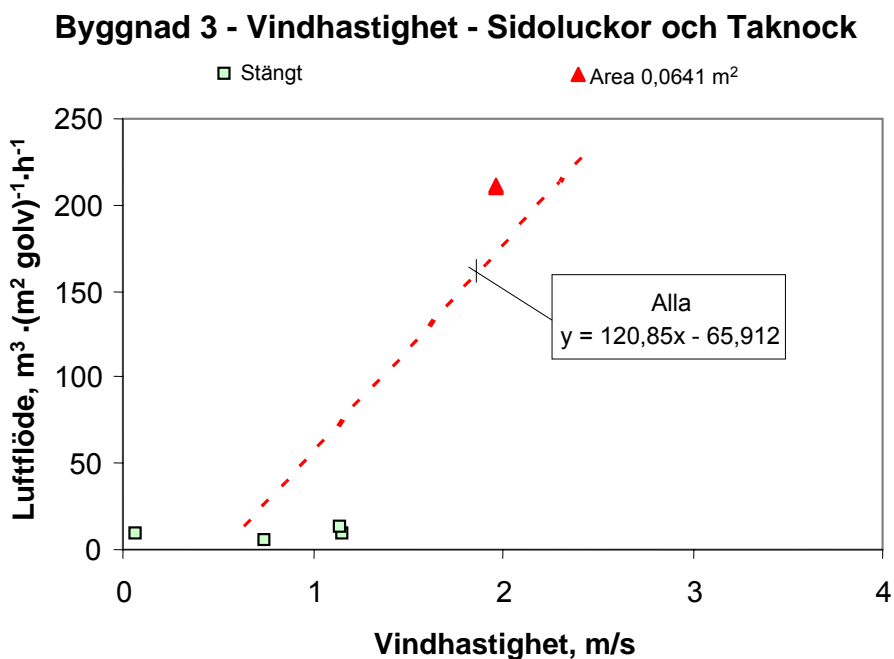
3.5.2 Byggnad 3



Figur 31. Inverkan av vindhastighet på ventilationsflöde i byggnad nr 3 vid öppna sidoluckor och stängd taknock.



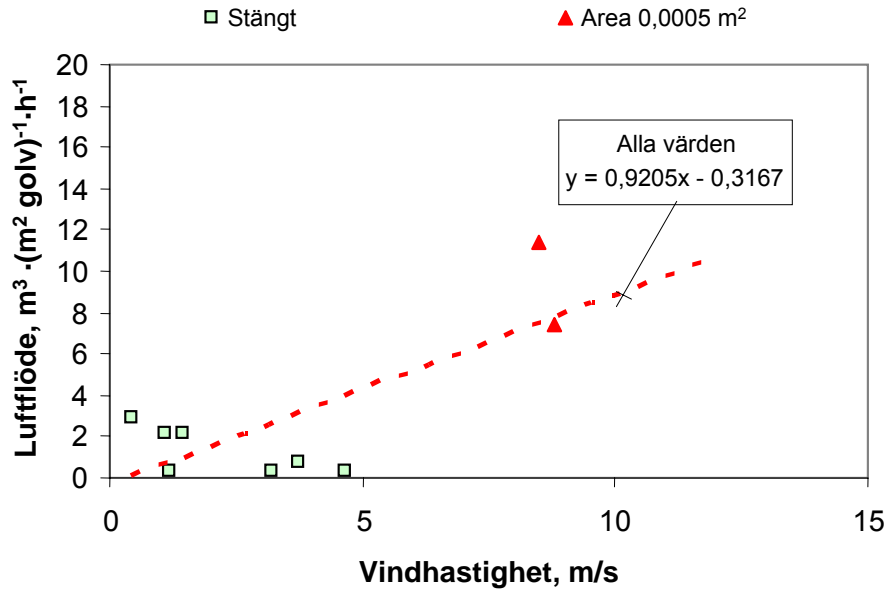
Figur 32. Inverkan av vindhastighet på ventilationsflöde i byggnad nr 3 vid stängda sidoluckor och öppen taknock.



Figur 33. Inverkan av vindhastighet på ventilationsflöde i byggnad nr 3 vid öppna sidoluckor och öppen taknock.

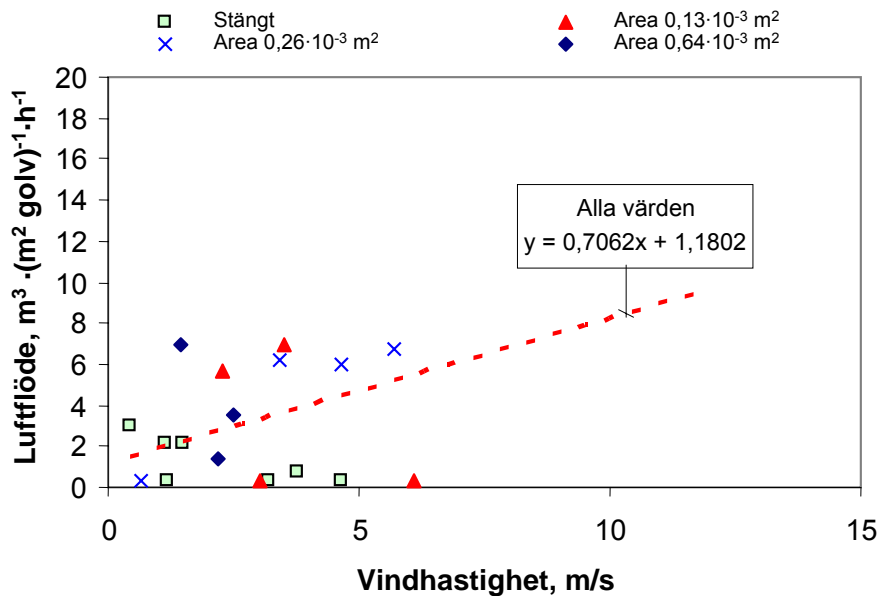
3.5.3 Byggnad 4

Byggnad 4 - Vindhastighet - Luftintag



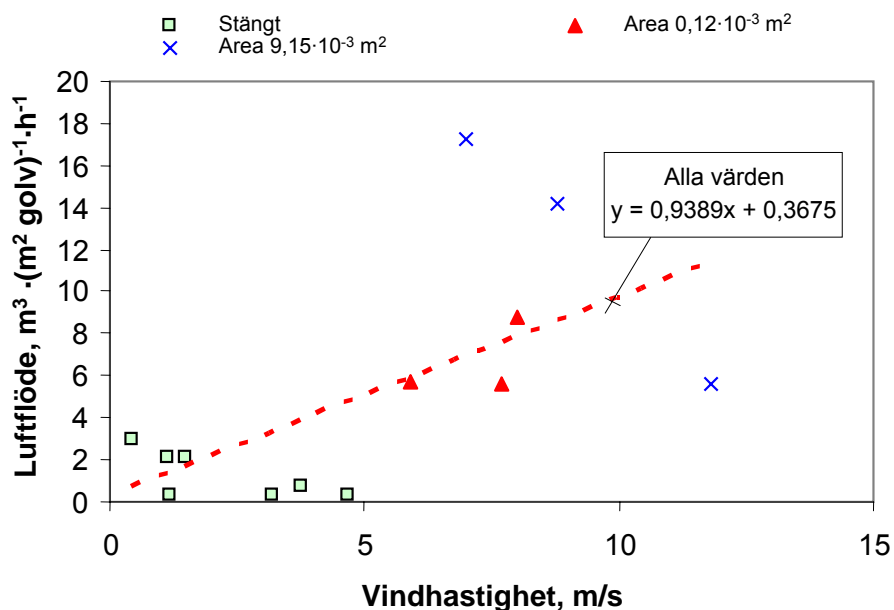
Figur 34. Inverkan av vindhastighet på ventilationsflöde i byggnad nr 4 vid öppna luftintag och stängt frånluftsspjäll.

Byggnad 4 - Vindhastighet - Fläktspjäll



Figur 35. Inverkan av vindhastighet på ventilationsflöde i byggnad nr 4 vid stängda luftintag och öppet frånluftsspjäll.

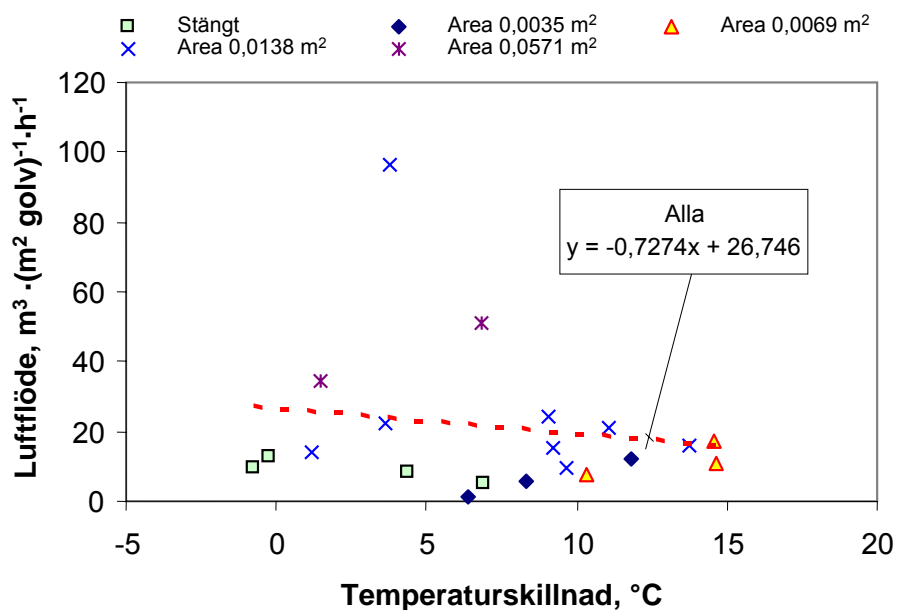
Byggnad 4 - Vindhastighet - Fläktspjäll och Luftintag



Figur 36. Inverkan av vindhastighet på ventilationsflöde i byggnad nr 4 vid öppna luftintag och öppet frånluftsspjäll.

3.6 Inverkan av temperatur

I det datamaterial som samlades in var luftväxlingens påverkan av temperaturskillnaden mellan stallet och utomhusluften mindre tydlig än påverkan av vind och storlek på öppningar. I figur 37 är det uppmätta luftflödet plottat som funktion av temperaturskillnaden vid öppna sidoluckor och stängd taknock i byggnad 3. Den ökning av luftväxling som sker med ökad temperatur kan inte urskiljas i figuren utan regressionslinjen lutar på fel håll eftersom andra faktorer har större påverkan.



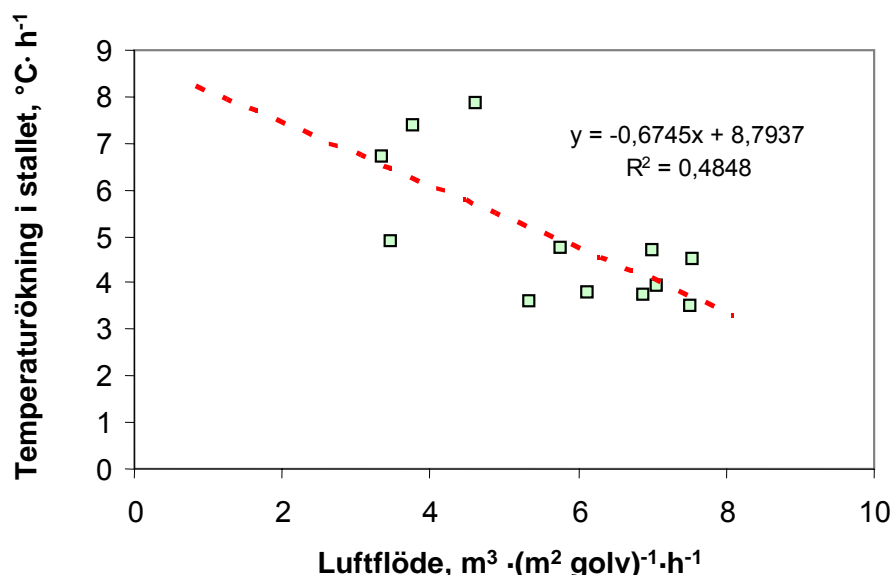
Figur 37. Inverkan av temperaturskillnad mellan stallet och ute på ventilationsflöde i byggnad nr 3 vid öppna sidoluckor och stängd taknock.

3.7 Temperaturstegring

3.7.1 Uppmätt temperaturstegring

Uppmätta värden på temperaturstegring i byggnad 1 vid värmeförsörjning och olika stora luftväxlingstal framgår av figur 38. Vid en höjning av temperaturen i stallet sker ett värmeutbyte med byggnadsskalet. Om golv, väggar och tak är kallare än luften upptas värme i byggnadskonstruktionen och temperaturstegringen bromsas. Byggnad 1 har betonggolv och tegelväggar som är putsade invändigt. Värmeöverföringen invändigt är stor och i en sådan tung byggnadskonstruktion ökar temperaturen långsammare än i lätta byggnader med exempelvis träregelväggar. För en lätt byggnad kan temperaturstegringen förväntas vara avsevärt större än den uppmätta temperaturstegringen i figur 38 för en byggnad med stenvägg.

En annan faktor av betydelse för temperaturstegringsförloppet är närvaron av fukt. Då vatten avdunstar i stallet blir temperaturhöjningen lägre och långsammare. Vid mätningarna i byggnad 1 var golvet torrt.



Figur 38. Temperaturökningshastighet i byggnad 1 under ca 30 minuters (medel 33 min) tillförsel av värme med effekten 55 W/m^2 golvyta. Medeltemperatur utomhus $22,9 \text{ }^\circ\text{C}$. Medeltemperaturskillnad $3,7 \text{ }^\circ\text{C}$ mellan stallluft och utomhusluft vid start.

3.7.2 Modell för beräkning av temperaturstegring

För att kunna bedöma hur snabbt temperaturen stiger vid ett ventilationsavbrott på ett mer generellt sett behövs en beräkningsmodell. För byggnader såsom exempelvis kontor finns kommersiella datorprogram för beräkning av erforderliga ventilationsflöden för begränsning av temperaturen i lokalen. I den här studien av djurstallar, som avviker väsentligt från många andra lokaler, har det valts att ta fram en enkel grundmodell för temperaturstegringen i stallet. Denna modell redovisas nedan. En sådan modell måste naturligtvis baseras på stallets energibalans.

Energibalans (avseende sensibel energi)

Beteckningar

$A_{vägg}$	= Väggyta per m ² golv, m ²
α	= Genomsnittlig temperaturökning i vägg- tak och golvmassa vid 1 °C temperaturökning i stalluften, °C·°C ⁻¹
c	= Specifikt värme, J·kg ⁻¹ °C ⁻¹
cm	= $\sum cm$, Summan av produkten specifikt värme (c) och massa (m) för de material vars temperatur ökar i stallen (luft, vägg, golv etc), J·°C ⁻¹
k_1, k_2, k_3, k_4	= konstanter
m	= Massa, kg
P_{djur}	= Värmetillskott av sensibel energi från djur, J·s ⁻¹
P_{transm}	= Värmetillskott från transmission, J·s ⁻¹
P_{vent}	= Värmetillskott från ventilation, J·s ⁻¹
q_{golv}	= Luftflöde per m ² golv, m ³ ·s ⁻¹
t	= Tid, s
$Temp(t)$	= Temperatur i stallen vid tiden t , °C
$Temp_{ute}$	= Temperatur utomhus, °C
V	= Luftvolym per m ² golv, m ³
w	= Luftflöde, kg·s ⁻¹

Ekvation för beräkning av temperaturförändring

Energibalansen i stallen avseende sensibel energi kan uttryckas:

$$cm \frac{dTemp}{dt} = k_1 + k_2 Temp(t) \quad (3)$$

Omskrivning ger:

$$\frac{dTemp}{dt} + \left(-\frac{k_2}{cm}\right)Temp(t) = \frac{k_1}{cm} \quad (4)$$

Allmän lösning:

$$\frac{dTemp}{dt} + bTemp(t) = f$$

$$Temp(t) = Temp_s(t) + D \cdot e^{-bt}$$

$$Temp_s(t) = F(t) \cdot e^{-bt}$$

där:

$$F'(t) = f(t) \cdot e^{bt}$$

I det aktuella fallet erhålls:

$$b = \left(-\frac{k_2}{cm}\right) \quad (5)$$

$$f = \frac{k_1}{cm} \quad (6)$$

$$Temp_s(t) = F(t) \cdot e^{\frac{k_2}{cm}t} \quad (7)$$

$$F'(t) = \frac{k_1}{cm} \cdot e^{\frac{-k_2}{cm}t} \quad (8)$$

$$F(t) = \frac{-k_1}{k_2} \cdot e^{\frac{-k_2}{cm}t} \quad (9)$$

$$Temp_s(t) = \frac{-k_1}{k_2} \cdot e^{\frac{-k_2}{cm}t} \cdot e^{\frac{k_2}{cm}t} = -\frac{k_1}{k_2} \quad (10)$$

$$Temp(t) = -\frac{k_1}{k_2} + D \cdot e^{\frac{k_2}{cm}t} \quad (11)$$

Randvillkor $Temp_{start}$ °C vid tiden 0 ger:

$$Temp(0) = Temp_{start} \quad (12)$$

$$D = Temp_{start} + \frac{k_1}{k_2} \quad (13)$$

Insättning ger:

$$Temp(t) = -\frac{k_1}{k_2} + (Temp_{start} + \frac{k_1}{k_2}) \cdot e^{\frac{k_2}{cm}t} \quad (14)$$

Temperaturen vid tiden t kan således beräknas med ekvation (14) förutsatt att temperaturen vid tiden $Temp_{start}$ och konstanterna k_1 , k_2 och cm är kända.

Beräkning av konstanter

Då stalllets temperatur stiger åtgår en viss mängd energi till att värma luften i stallen och en viss mängd energi åtgår också till att värma material i golv, väggar och tak. I beräkningarna görs det förenklade antagandet att genomsnittlig temperatur i vägg- tak och golvmassa ökar α °C vid 1 °C temperaturökning i stallluften. Värden på specifik värme, massa och värmegenomgångstal som antagits i beräkningarna framgår av tabell 6.

Tabell 6. Värden på specifik värme, massa och värme genomgångstal i beräkningarna

Material	Specifikt värme, c	Densitet	Ytvikt	Massa, m	Värme genomgångstal, u
	$\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$	kg	$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$
Luft	1000	1,2	-	$1,2 \cdot V$	
Vägg 1, tung	840	1340	590	$590 \cdot A_{\text{vägg}}$	1,0
Vägg 2, lätt	1300	150	42	$42 \cdot A_{\text{vägg}}$	0,2
Tak	1320	190	54	$54 \cdot A_{\text{tak}}$	0,2
Golv	880	2300	460	$460 \cdot A_{\text{golv}}$	1,9

Luftvolym och väggyta för alla djurslag:

I beräkningarna har följande värden använts:

$$A_{\text{vägg}} = 0,67 \text{ m}^2 \text{ vägg per m}^2 \text{ golv}$$

$$V = 3 \text{ m}^3 \text{ per m}^2 \text{ golv}$$

Värden på faktorn cm

Följande värden har använts i beräkningarna:

Byggnad med lätta väggar:

$$cm = 3600 + \alpha \cdot 356000 \quad \text{J} \cdot ^\circ\text{C}^{-1} \text{ per m}^2 \text{ golv}$$

Byggnad med tunga väggar:

$$cm = 3600 + \alpha \cdot 651000 \quad \text{J} \cdot ^\circ\text{C}^{-1} \text{ per m}^2 \text{ golv}$$

Värden på konstanterna k_1 och k_2

Värden på konstanterna k_1 och k_2 erhålls utifrån beräkningar av värmetransport med ventilation och transmission och djurens värmeproduktion. Dessa kan uttryckas:

$$P_{\text{vent}} = c_{\text{luft}} \cdot w \cdot \text{Temp}_{\text{ute}} - c_{\text{luft}} \cdot w \cdot \text{Temp}$$

$$P_{\text{transm}} = u \cdot \text{Temp}_{\text{ute}} - u \cdot \text{Temp}$$

$$P_{\text{djur}} = k_3 + k_4 \cdot \text{Temp}$$

Ventilation

Med ovanstående värden blir värmetransporten med ventilationen:

$$P_{\text{vent}} = 1200 \cdot q_{\text{golv}} \cdot \text{Temp}_{\text{ute}} - 1200 \cdot q_{\text{golv}} \cdot \text{Temp} \quad \text{J} \cdot \text{s}^{-1} \text{ per m}^2 \text{ golv}$$

Transmission

Med ovanstående värden blir värmetransporten genom transmission:

Lätt vägg:

$$P_{transm} = 2,72 + 0,33 \cdot Temp_{ute} - 0,67 \cdot Temp \quad \text{J} \cdot \text{s}^{-1} \text{ per m}^2 \text{ golv}$$

Tung vägg:

$$P_{transm} = 2,72 + 0,87 \cdot Temp_{ute} - 1,21 \cdot Temp \quad \text{J} \cdot \text{s}^{-1} \text{ per m}^2 \text{ golv}$$

Djurens värmeproduktion

Djuren i ett stall producerar värme. Den totala värmeavgivningen från djuren kan delas upp i värme som orsakar en höjning av temperaturen (sensibel värme) och värme som orsakar avdunstning av vatten/vätska (latent värme). Den sensibla värmeavgivningen kan förenklat beskrivas i en ekvation av typen:

$$P_{djur} = k_3 + k_4 \cdot Temp$$

Utifrån ekvationer framtagna för beräkning av värmeproduktion (total värme, sensibel värme och latent värme) för olika djurslag i stallar (Pedersen, 2002a; Pedersen, 2002b) har en approximering till förstgradsekvationer avseende sensibel värmeavgivning gjorts. Beräkningarna avser värden per värmeproducerade enhet, hpu (1 hpu=1000 W total värmeavgivning vid 20 °C).

Följande ekvationer och värden på konstanterna k_3 och k_4 beräknat per hpu erhöles:

Kor, uppbundna, bås:	$y=1129 - 27,26X;$	$k_{3-hpu} = 1129, k_{4-hpu} = -27,26$
Grisar, delvis spalt eller utan spalt:	$y=1207,1 - 25,32X;$	$k_{3-hpu} = 1207, k_{4-hpu} = -25,32$
Värphöns, aviarer:	$y=1109,6 - 27,2X;$	$k_{3-hpu} = 1110, k_{4-hpu} = -27,20$
Slaktkycklingar, 50-100 mm strö:	$y=1056,9 - 25,88X;$	$k_{3-hpu} = 1057, k_{4-hpu} = -25,88$

Värdena k_3 och k_4 måste korrigeras för det antal hpu per m² som finns i ett speciellt stall.

Den totala mängd värme som djuren producerar är beroende av foderintag, produktion, viktökning och naturligtvis av storleken på djuren. Följande antagande har gjorts i beräkningarna:

Värmeproducerande enheter (hpu) per djur

Kor, 500 kg, 25 kg mjölk per dag:	Total värmeavgivning per djur = 1140 W;	1,14 hpu/djur
Slaktsvin, 90 kg;	Total värmeavgivning per djur = 215 W;	0,215 hpu/djur
Värphöns, bur:	Total värmeavgivning per djur = 10 W;	0,01 hpu/djur
Slaktkycklingar 1,3 kg;	Total värmeavgivning per djur = 13 W;	0,013 hpu/djur

Antal djur per ytenhet varierar mellan olika system. Byggnadsutformningen och storleken på byggnaderna påverkar förhållandet mellan väggytor, volym och golvytor. För en överslagsberäkning används här följande värden:

Antal djur per ytenhet:

Kor:	0,11 kor/m ²
Slaktvin:	0,77 grisar/m ²
Värphöns:	15 hönor/m ²
Slaktkycklingar:	20 slaktkycklingar/m ²

Värden på konstanterna k_3 och k_4 per m² golv beräknas för de olika djurslagen med hjälp av ovanstående värden till:

Kor:	$k_3 = 141,6$; $k_4 = -3,418$
Grisar:	$k_3 = 199,8$; $k_4 = -4,192$
Värphöns:	$k_3 = 166,5$; $k_4 = -4,080$
Slaktkycklingar:	$k_3 = 274,8$; $k_4 = -6,729$

Beräkning av konstanterna k_1 och k_2

Med kända funktioner för ventilationsförluster, transmissionsförluster och djurens värmeproduktion kan värden på konstanterna k_1 och k_2 beräknas. Ovan antagna värden ger följande värden (se tabell 7):

Tabell 7. Värden på konstanterna k_1 och k_2

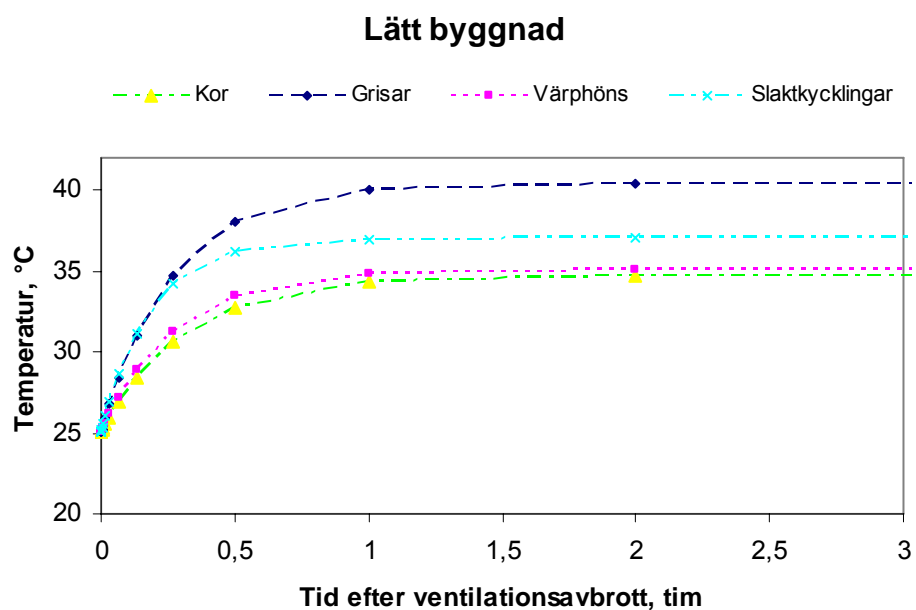
		Ventilation	Transmission	Djur
<i>Lätt byggnad</i>				
Kor	$k_1 =$	$1200 \cdot q_{golv} Temp_{ute}$	$+2,72 + 0,33 \cdot Temp_{ute}$	+141,6
	$k_2 =$	$-1200 \cdot q_{golv}$	- 0,67	-3,418
Grisar	$k_1 =$	$1200 \cdot q_{golv} Temp_{ute}$	$+2,72 + 0,33 \cdot Temp_{ute}$	+199,8
	$k_2 =$	$-1200 \cdot q_{golv}$	- 0,67	-4,192
Värphöns	$k_1 =$	$1200 \cdot q_{golv} Temp_{ute}$	$+2,72 + 0,33 \cdot Temp_{ute}$	+166,5
	$k_2 =$	$-1200 \cdot q_{golv}$	- 0,67	-4,080
Slaktkycklingar	$k_1 =$	$1200 \cdot q_{golv} Temp_{ute}$	$+2,72 + 0,33 \cdot Temp_{ute}$	+274,8
	$k_2 =$	$-1200 \cdot q_{golv}$	- 0,67	-6,729
<i>Tung byggnad</i>				
Kor	$k_1 =$	$1200 \cdot q_{golv} Temp_{ute}$	$+2,72 + 0,87 \cdot Temp_{ute}$	+141,6
	$k_2 =$	$-1200 \cdot q_{golv}$	- 1,21	-3,418
Grisar	$k_1 =$	$1200 \cdot q_{golv} Temp_{ute}$	$+2,72 + 0,87 \cdot Temp_{ute}$	+199,8
	$k_2 =$	$-1200 \cdot q_{golv}$	- 1,21	-4,192
Värphöns	$k_1 =$	$1200 \cdot q_{golv} Temp_{ute}$	$+2,72 + 0,87 \cdot Temp_{ute}$	+166,5
	$k_2 =$	$-1200 \cdot q_{golv}$	- 1,21	-4,080
Slaktkycklingar	$k_1 =$	$1200 \cdot q_{golv} Temp_{ute}$	$+2,72 + 0,87 \cdot Temp_{ute}$	+274,8
	$k_2 =$	$-1200 \cdot q_{golv}$	- 1,21	-6,729

3.7.3 Beräknad temperaturstegring

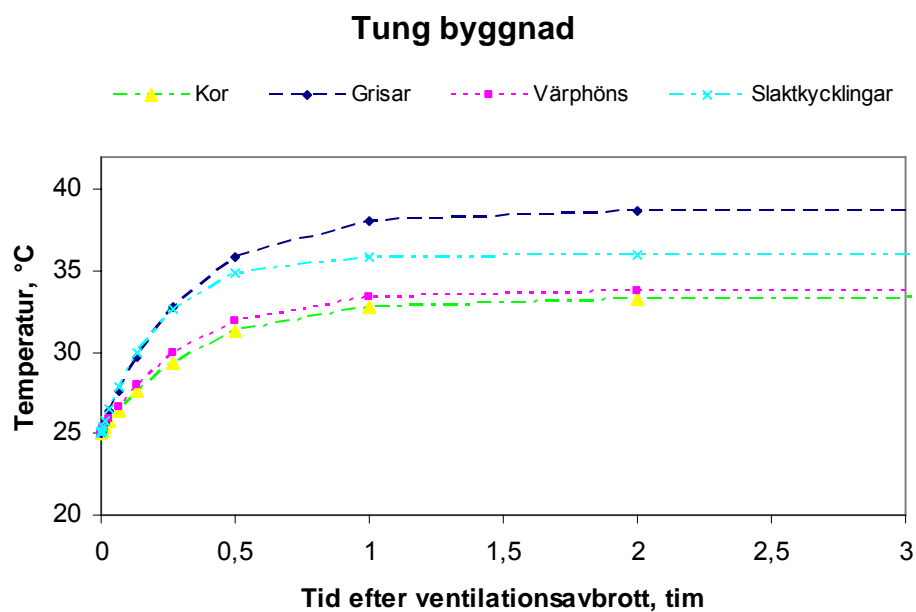
Med antagna värden på cm och på konstanterna k_1 och k_2 kan tidsförloppet för temperaturstegring i olika stallbyggnader beräknas med ovanstående ekvation (14) förutsatt att ventilationsflödet, starttemperaturen $Temp_{start}$ och faktorn α som karakteriserar temperaturökningen i golv, väggar och tak är kända. En bedömning av storleken på faktorn α kan göras utifrån de värden som redovisas i figur 38. En sådan empirisk bedömning utifrån temperaturstegringen (figur 38) tyder på att α har ett värde på ca 0,005.

Beräkningar för ventilationsflödet $2 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ och $\alpha = 0,005$ redovisas i figur 39 och 40 för en lätt respektive tung byggnad. Starttemperaturen vid ventilationsavbrottet i stallet har i beräkningarna satts till 25°C och utomhustemperaturen har i beräkningarna satts till 21°C . Motsvarande värden för ventilationsflödet $8 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ och $\alpha = 0,005$ redovisas i figur 41 och 42. Av beräkningarna framgår det att en betydande temperaturstegring skett redan efter 30 minuter. Temperaturstegringen är större i en lätt byggnad i jämförelse med en tung byggnad. Temperaturstegringen är också större i stallar med grisar som är 90 kg tunga och stallar med slaktkycklingar som är nästan slaktfärdiga i jämförelse med stallar med kor och stallar med 15 st hönor per m^2 .

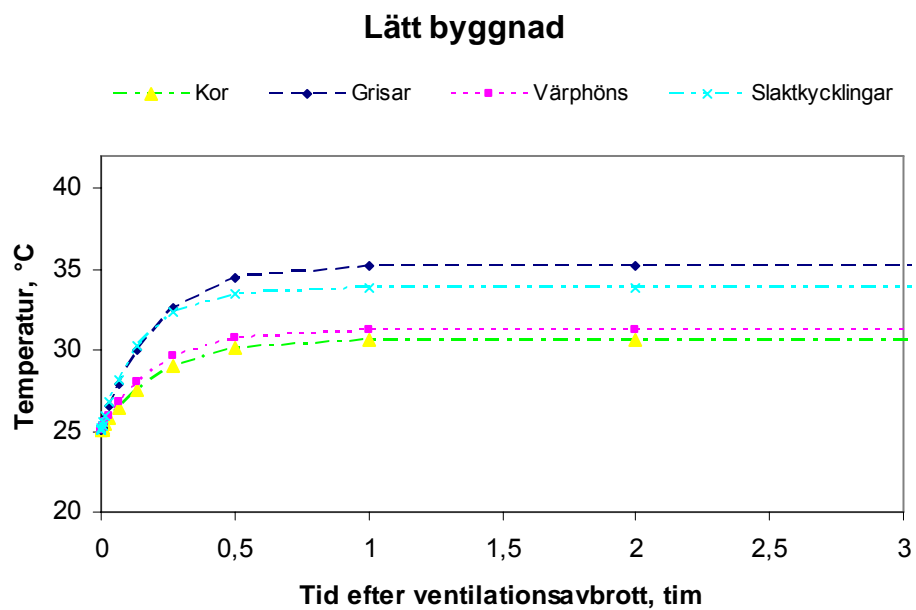
Beräkningar för ventilationsavbrott vid utomhustemperaturen 5°C och starttemperatur 18°C i stallet redovisas i figur 43 och 44 för ventilationsflödet $2 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ och i figur 45 och 46 för ventilationsflödet $8 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$. Även vid en så låg temperatur som 5°C kan höga temperaturer uppträda i stallet vid ett lågt ventilationsflöde och temperaturstegringen är snabb då djuren producerar mycket värme.



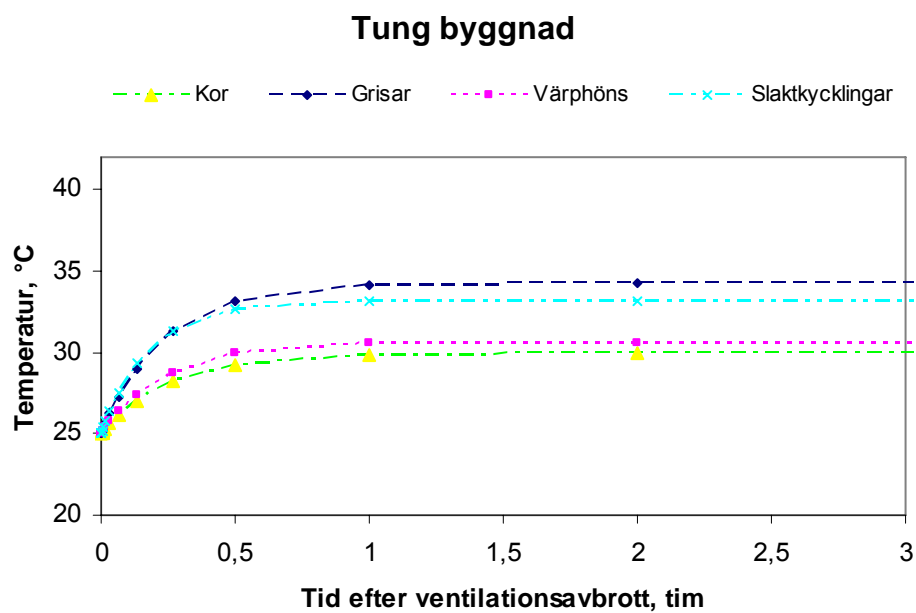
Figur 39. Beräknad temperaturstegring vid ventilationsflödet $2 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ i en lätt byggnad när det är 21°C utomhus och 25°C i stallet när ett ventilationsavbrott inträffar.



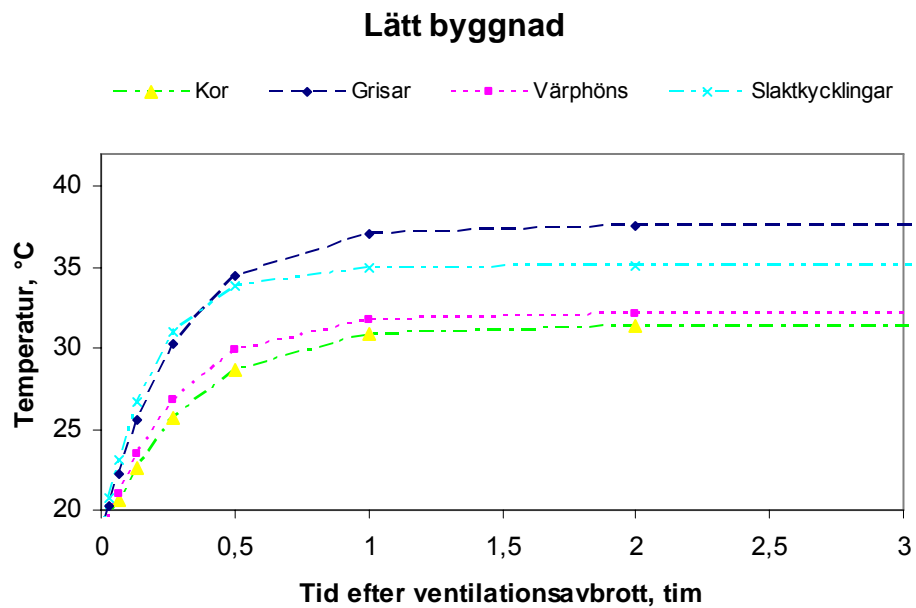
Figur 40. Beräknad temperaturstegring vid ventilationsflödet $2 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ i en tung byggnad när det är 21°C utomhus och 25°C i stallet när ett ventilationsavbrott inträffar..



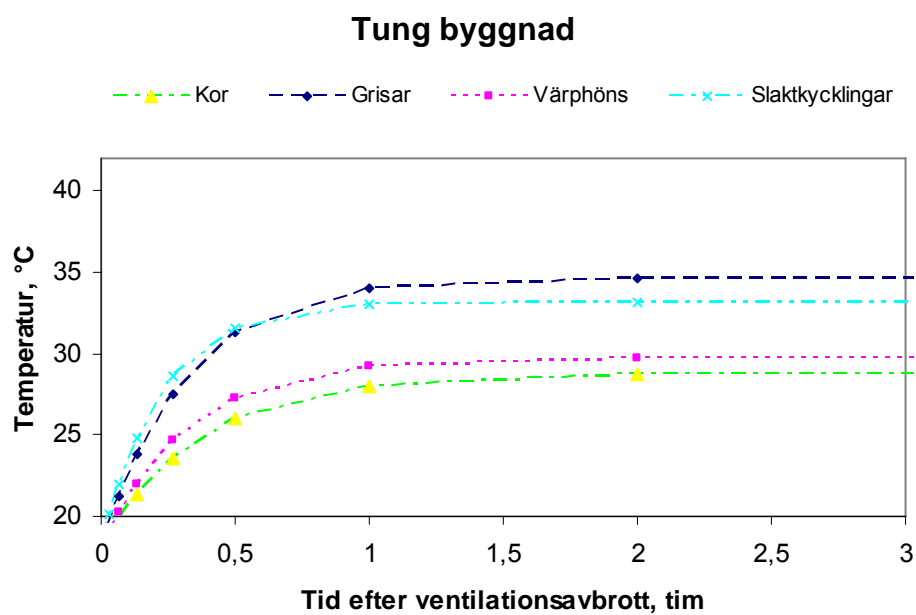
Figur 41. Beräknad temperatur stegring vid ventilationsflödet $8 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ i en lätt byggnad när det är 21°C utomhus och 25°C i stallet när ett ventilationsavbrott inträffar.



Figur 42. Beräknad temperatur stegring vid ventilationsflödet $8 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ i en tung byggnad när det är 21°C utomhus och 25°C i stallet när ett ventilationsavbrott inträffar.

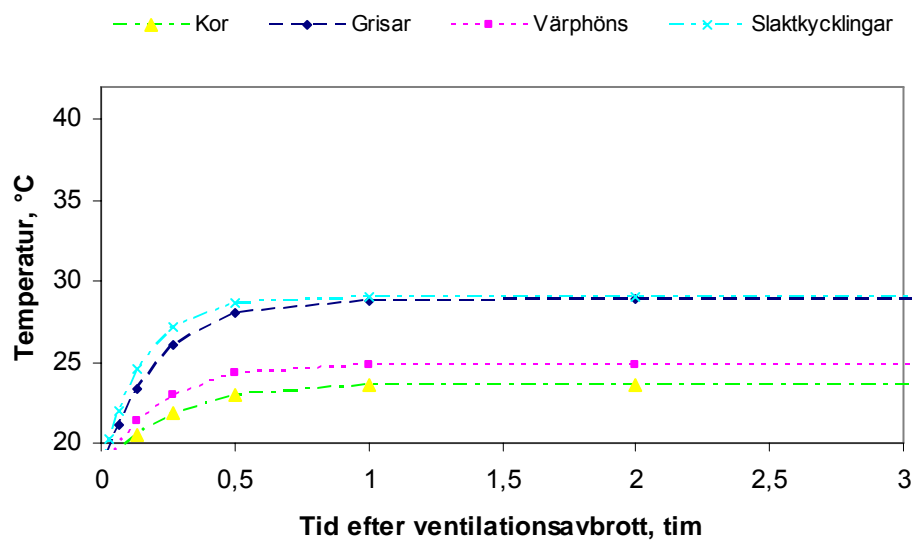


Figur 43. Beräknad temperatur stegring vid ventilationsflödet $2 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ i en lätt byggnad när det är 5°C utomhus och 18°C i stallet när ett ventilationsavbrott inträffar.



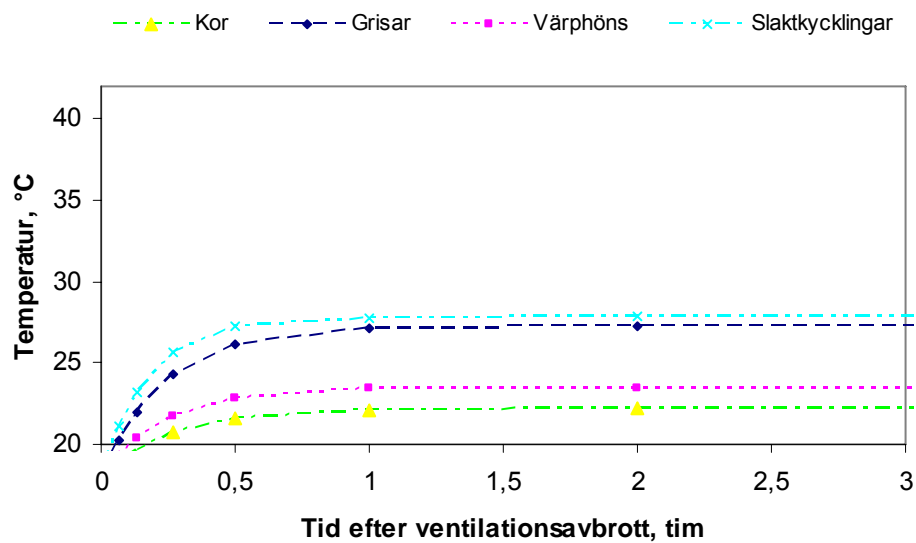
Figur 44. Beräknad temperatur stegring vid ventilationsflödet $2 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ i en tung byggnad när det är 5°C utomhus och 18°C i stallet när ett ventilationsavbrott inträffar.

Lätt byggnad



Figur 45. Beräknad temperatur stegring vid ventilationsflödet $8 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ i en lätt byggnad när det är 5°C utomhus och 18°C i stallet när ett ventilationsavbrott inträffar.

Tung byggnad



Figur 46. Beräknad temperatur stegring vid ventilationsflödet $8 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ i en tung byggnad när det är 5°C utomhus och 18°C i stallet när ett ventilationsavbrott inträffar.

4 DISKUSSION

4.1 *Temperaturstegring och ökning av gashalter i stallet*

Mycket låga luftomsättningar kan uppstå i stallar med fläktventilation om ventilationsanläggningen inte fungerar, exempelvis till följd av ett elavbrott.

De i innevarande studie gjorda beräkningarna och mätningarna visar på en mycket snabb temperaturökning vid ventilationsavbrott. Beräkningarna visar att redan efter 30 minuter kan stalltemperaturen ha stigit mer än 10 °C vid ogynnsamma förhållanden. Enligt beräkningarna stiger temperaturen snabbt under ca 1 timme för att sedan efter ett tag anta ett jämviktsläge med utetemperaturen. Även då utetemperaturen är så låg som 5 °C kan temperaturen i stallet bli alltför hög vid liten naturlig luftomsättning och hög värmebelastning i stallet.

Fjäderfästallar, grisstallar och stallar med kalvar anses vara värst utsatta vid ett ventilationsavbrott. De beräkningar som gjorts för slaktsvin som väger 90 kg visar på risk för mycket höga temperaturer i slaktsvinsstallar när djuren är stora.

De beräkningar som är gjorda för 20 st 1,3 kg tunga slaktkycklingar per m² visar också på stora risker i dessa stallar, speciellt med tanke på att slaktkycklingar bara anses kunna klara temperaturer över 34 °C under ett par timmar.

De beräkningar som gjordes för 15 st värphöns per m² tyder på att riskerna för alltför höga temperaturer är mindre för ett sådant stall än för ett stall med slaktkycklingar. Det bör förstås observeras att beläggningen i vissa system kan vara större med ökade risker för övertemperaturer. I golvsystem med mycket lagrad gödsel kan finnas risk för mycket höga gashalter i stallet vid ett ventilationsavbrott till följd av att gaser frigörs den lagrade gödseln.

Inga beräkningar redovisas i figurerna 39-46 för kalvstallar. En rimlig beläggning i en kalvavdelning/kötttdjursavdelning kan vara 0,33 djur per m² med vikten 150 kg och 0,18 djur per m² med vikten 500 kg. Detta innebär en total värmeavgivning på 0,13 respektive 0,15 hpu per m². Detta är samma totala värmeproduktion som för kor (0,13) och värphöns (0,15) i figurerna 39-46. Pedersen (2002a) redovisar ingen fördelning mellan latent och sensibel energi för kalvar på ströbädd, men han anger att fuktproduktionen (latent värme) är minst dubbelt så stor som i hus med uppbundna djur. Ett visst tillskott av värme sker från en ströbädd i ett system med djupströbädd. Pedersen (2002a) anger att den värme som produceras i ströbädden utgör en viss del av den värme som går åt för att avdunsta vatten från ströbädden. Utifrån detta kan följande slutsatser dras: 1) I system med uppbundna kalvar/kötttdjur kan en temperaturökning motsvarande beräkningar för kor/värphöns förväntas, 2). I system med kalvar/kötttdjur på ströbädd kan en lägre temperaturökning än den som motsvarar beräkningar för kor/värphöns förväntas. I system med djupströbädd kan höga gashalter förväntas till följd av att gaser frigörs från djupströbädden.

I djurstallar sker temperaturökningen mycket snabbt vid ett ventilationsavbrott. Temperaturen stiger speciellt snabbt till oacceptabla nivåer när:

- Värmebelastningen är hög i stallet - Exempelvis: Stora slaktsvin i stallet, stora slaktkycklingar i stallet, värphöns i högbeläggningssystem
- det är varmt utomhus
- det är vindstilla utomhus
- luftintagsöppningarna är små

- frånluftsöppningarna är små.

Vid ventilationsavbrott och därav låga luftflöden kan gashalterna i stallen bli oacceptabelt höga när:

- Ventilationsflödena blir lägre än stallens minimiventilation
- gaser strömmar in i stallen via gödselkulvertar
 - stora mängder svavelväte och andra gödselgaser bildas i gödselbehållare och kulvertar
- mycket gödsel finns i stallen och kulvertarna. – Exempelvis: Värphöns i system med gödsellagring, slaktkycklingar på ströbädd, kalvar på ströbädd
 - avgivningen av gödselgaser ökar med mängden gödsel och lagringstid.
- ventilationsavbrottet sker då det är varmt ute
 - avgivningen av gödselgaser ökar med temperaturen

4.2 Erforderlig storlek på ventilationsöppningar för nödventilation

I system med naturlig ventilation är elavbrott eller fel på regleringen inget problem förutsatt att luftintag (sidoluckor) och frånluftsdon (takluckor) inte stänger utan hålls i öppet läge. Minimiventilationsflödet är det lägsta luftflöde som får förekomma i ett stall. Vid lägre luftflöden blir halterna av gaser och föroreningar i många fall höga i stallen. Då temperaturen är hög i stallen ökar avgivningen av gödselgaser i stallen och högre luftflöden än minimiventilationen kan då erfordras för att hålla gaskoncentrationerna på en acceptabel nivå.

Den aktuella undersökningen tyder på att om öppningar i luftintag och fläktar är tillräckligt stora kan en tillräcklig ventilation erhållas under ett kortare ventilationsavbrott. Vid beräkningar med datorprogrammet NATVENT_98 som är framtaget för beräkning av ventilationsflöden erhålls ett ventilationsflöde på ca $7-8 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ vid en total öppningsarea på $0,01 \text{ m}^2$ per m^2 golv ($0,005 \text{ m}^2$ på vindsidan och $0,005 \text{ m}^2$ på läsidan). De i den här undersökningen framtagna beräkningsmodellen tyder på att temperaturen i stallen kan hållas vid 35°C eller lägre med detta luftflöde även vid ganska stor värmebelastning ($0,77$ slaktsvin med vikt 90 kg per m^2) under förutsättning att temperaturen utomhus är 21°C eller lägre. De i undersökningen gjorda mätningarna tyder också på att flödet i praktiken blir $7-8 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ eller större i de flesta fall då det finns öppningar i stallen av ovan nämnda storlek. Om det endast finns öppningar på ena sidan av stallen tycks det emellertid vara svårt att uppnå detta flöde.

En total öppningsarea på $0,01 \text{ m}^2$ per m^2 golv kan i vissa fall åstadkommas med befintliga frånluftsöppningar och tvångsstyrd öppning av luftintag. I andra fall krävs reservkraft eller komplettering med öppning av exempelvis dörrar och fönster då ett ventilationsavbrott uppträder. System med FT-ventilation (t.ex. tilluft med perforerade slagar) och system med tilluftstak är system som särskilt bör uppmärksammas då ventilationsöppningarna är små.

4.3 Larm

Som tidigare nämnts anges det i Djurskyddsmyndighetens föreskrifter om djurhållning L100 (DFS 2007:5) att larm för övertemperatur, strömvabrott och fel på larmanordningen skall finnas i mekaniskt ventilerade djurstallar för kalvar, grisar och fjäderfän.

Av enkäterna som sändes ut 2006 framgick det att nästan alla fjäderfäproducenter hade larm för övertemperatur och elavbrott, men bara ca 2 tredjedelar av producenterna angav att de hade larm för fel på larmanordningen. Efter dess har säkerligen förbättringar gjorts men förmodligen saknas någon typ av larm fortfarande i en del besättningar.

Då det gäller grisstallar hade bara ca en fjärdedel larm för övertemperatur och elavbrott och endast ett fåtal angav att de hade larm vid fel på larmanläggningen. Förhoppningsvis har situationen förbättrats sedan dess.

I det fall larm vid fel på larmanläggningen saknas kan ett ventilationsbortfall passera obemärkt med allvarliga konsekvenser om oturen är framme. Det är således viktigt att även detta larm finns.

På marknaden finns ett stort antal fabrikat på utrustningar som uppfyller de krav som ställs i L100. Då det gäller brandlarm är det mer tveksamt hur olika utrustningar fungerar i ett stall jämfört med exempelvis larm för övertemperatur.

Då det gäller frågan hur larmet skall gå vidare till personal som kan åtgärda problemen kan olika system väljas beroende på förhållanden på gården. I vissa fall kan larm till bostaden och mobiltelefon vara det bästa om mottagningsförhållandena är goda. Rundringning och vidarekoppling till larmcentral kan behövas i andra fall.

4.4 *Plan för nödventilation*

I projektet gjorda beräkningar tyder på att insatstiden för att åtgärda ett ventilationsavbrott och se till att nödventilationen upprätthålls i regel är mycket kort och mindre än 30 minuter i många fall.

System med manuell öppning av dörrar och fönster eller manuell start av reservkraft har sina begränsningar i de fall personal som skall åtgärda problemen befinner en bit bort från stallets omedelbara närhet. Automatiska system för start av reservkraft eller automatisk öppning av ventilationsspjäll kan då vara nödvändigt. Risk finns förstås att automatiken inte fungerar och därför behövs också en alternativ plan.

Då automatisk öppning av spjäll installeras bör systemet anordnas så att stallen inte kyls ut vid falsklarm vid låga temperaturer.

5 SLUTSATSER

Av undersökningarna kan följande slutsatser dras:

- Det finns en rad utrustningar på marknaden som tillfredsställer de behov av larm som finns för stallbyggnader
- Undersökningen visar på att det vid tidpunkten för enkätundersökningens genomförande (2006) saknades någon typ av larm i en hel del djurstallar
- Undersökningen visade på att elavbrott förekom 1-5 gånger per år eller oftare hos mer än 90 % av de 120 tillfrågade producenterna.
- Undersökningen tyder på att det är ovanligt att djur dör till följd av ventilationsbortfall och ingen av de 120 tillfrågade producenterna angav att de haft djur som dött p.g.a. denna orsak
- Ventilationsflöden som är lägre än dimensionerande miniventilation kan uppstå vid ett ventilationsavbrott i konventionella byggnader. Mätningar i konventionella byggnader (byggnader 1, 2 och 4) uppvisade ventilationsflöden som var betydligt lägre än den dimensionerande minimiventilation.
- Undersökningar i en relativt otät oisolerad naturligt ventilerad byggnad (nummer 3) uppvisade ventilationsflöden som var betydligt högre än minimiventilationen.
- I undersökningarna ökade ventilationsflödet med ökande area på luftintagsöppningar
- I undersökningarna ökade ventilationsflödet med ökande vindhastighet.
- Undersökningar och beräkningar visar på ett mycket snabbt temperaturökningsförlopp i stallet vid ventilationsbortfall och små luftintagsöppningar. Beräkningar tyder på att temperaturen kan stiga upp till ca 10°C på 15-30 minuter under ogynnsamma omständigheter. Insattiden är därför kort för att åstadkomma nödventilation.

6 REKOMMENDATIONER

Följande rekommendationer kan ges:

1. Se till att det finns utrustning som uppfyller de krav som ställs i L100 (DFS 2007:5) och se till att utrustningen testas.
 - Nödventilation i mekaniskt ventilerade stallar
 - Larm för övertemperatur, strömbavbrott och fel på larmanordningen (kalvar, grisar, fjäderfä)
 - Larm för fel på fläktar för minimiventilation och gödselgasfläktar i grisstallar (i tillämpliga fall)
 - Utformning av larmet så att det uppmärksammas på betryggande sätt
 - Regelbunden kontroll av utrustningen.
2. Ha en plan för nödventilation!
 - Vilken utrustning behövs
 - Vad skall göras
 - Vem gör det som behövs
 - Ha en alternativ plan för fel på utrustningen (exempelvis fel på automatisk reservkraft)
 - etc.
3. Välj sätt att åstadkomma nödventilation utifrån förutsättningar på gården!
 - Automatisk öppning av don, spjäll
 - Manuell öppning av fönster och dörrar
 - Automatisk start av reservkraft (i L100 anges att stallar med mer än 2000 fjäderfän bör vara utrustade med reservkraft)
 - Reservkraft med manuell start (i L100 anges att stallar med mer än 2000 fjäderfän bör vara utrustade med reservkraft)
 - Annat sätt.
4. Se till nödventilationsöppningarna är tillräckligt stora så att temperaturen i stallet kan hållas på en nivå som är begränsat skadlig för djuren under en kortare tid!
 - Försök och beräkningar tyder på att stalltemperaturen kan hållas lägre än 35°C när det är 21°C utomhus vid ett ventilationsflöde på 7-8 m³·m⁻²·h⁻¹. Detta ventilationsflöde verkar kunna åstadkommas i de flesta fall då det finns öppningar som är 0,01 m² per m² golv. De öppningar som används vid nödventilation (med hjälp av naturlig ventilation) måste minst vara av denna storleksordning.
5. Se till att nödventilation åstadkoms tillräckligt snabbt!
 - Beräkningar tyder på att temperaturen under olyckliga omständigheter kan stiga 10 °C på så kort tid som 15 minuter och att det huvudsakliga temperaturökningen sker inom 30 minuter
 - Var speciellt uppmärksam när värmebelastningen är stor i stallet (hög beläggning, stora djur), när det är varmt utomhus, när det är vindstilla och när tillufts- och frånluftsöppningar är små.

6. Minimera risken för höga gashalter i stallet vid ett ventilationsavbrott!

- Se till att gaslås och utluftning förhindrar inströmning av gödselgaser från gödselbehållare / kulvertar
- Gödsla ut frekvent så att gasavgivning från i stallet lagrad gödsel minimeras.

7. Se till att larmet går vidare på ett funktionellt sätt så att insatser kan ske i tid! Välj den typ av larm som bäst passar på gården. I vissa fall kan det vara lämpligt med larm som går vidare efter ett visst bestämt tidsintervall.

- Larm till bostad
- Larm till mobiltelefon
- Ljud/ljussignal
- Minicall / personsökare
- SOS alarm, Falk etc.

7 LITTERATUR

- Bruce, J. M. 1980. Modelling the climatic energy demand on suckler cows. *Animal Production* 30, pp 440 – 450.
- Bruce, J.M. & Clark, J.J. 1979, Models of heat production and critical temperature for growing pigs. *Animal production* 28: 353 – 369.
- CIGR. 1989, 1992. 2:nd report of working group on climatisation of animal houses. International Commission of Agricultural Engineering. State University of Ghent. Belgium.
- Djurskyddsmyndigheten. 2004. Djurskyddsmyndighetens föreskrifter och allmänna råd om djurhållning inom lantbruket m.m. DFS 2004:17, Saknr L 100. Skara.
- Gustafsson, G. 1988. Luft- och värmebalanser i djurstallar. Avhandling. Sveriges Lantbruksuniversitet. Inst. för lantbrukets byggnadsteknik. Rapport nr 59. Lund.
- Gustafsson, G. 1993. Spårgasteknik som metod för att bestämma ventilationseffektivitet och spridning av luftföroreningar i djurstallar. Sveriges Lantbruksuniversitet. Inst. för lantbrukets byggnadsteknik. Rapport nr 84. Lund.
- Gustafsson, G. 1996. Determination of ventilation effectiveness with tracer gas technique in livestock buildings. Proceedings: International Conference on Agricultural Engineering AgEng 96, Madrid 23-27 september. European Association of Agricultural Engineering.
- Hahn, G.L.; Nienaber, J.A. & Eigenberg, R.A. 1998. Responses of livestock to thermal environments as a basis for rational management. Proceedings: AgEng98. International conference on agricultural engineering. Norges lantbrukshøgskole. Norge.
- Hicks, L.C., Hicks, W.S., Bucklin, R.A., Shearer, J.K., Bray, D.R., Soto, P. & Carvalho, V. 2001. Comparison of Methods of Measuring Deep Body Temperatures of Dairy Cows. In *Livestock Environment VI: Proceedings of the 6th International Symposium*, 21-23 May 2001, Louisville, Kentucky, USA, ASAE Publ. No. 701P0201, 432-438.
- Huynh, T.T.T., Aarnink, A.J.A. & Verstegen, M.W.A. 2005. Reactions of pigs to a hot environment. In *Livestock Environment VII. Proceedings of the Seventh International Symposium*, 18-20 May 2005, Beijing, China, 544-550. ASAE, St. Joseph, Michigan USA.
- Jeppsson, K – H. & Gustafsson, G. 2001. Solar heat load in uninsulated livestock buildings. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 78(2), 187 – 197.
- Judge, M.D., Eikelenboom, G., Zuidam, L. & Sybesma, W. 1973. Blood Acid-Base Status and Oxygen Binding During Stress-Induced Hyperthermia in Pigs. *J. Anim Sci.* 37, 776-784.
- Mount, L.E. 1974. The concept of thermal neutrality. In: *Heat loss from animals and man*. Butterworths. London.
- NATVENT_98. Datorprogram för beräkning av ventilationsflöden vid naturlig ventilation. Sveriges Lantbruksuniversitet. Inst. för lantbrukets byggnadsteknik. Uppsala..
- Nienaber, J.A., Hahn, G.L. & Eigenberg, R.A. 1999. Quantifying livestock responses for heat stress management: a review. *International Journal of Biometeorology* 42, 183-188.

- Patience, J.F., Umboh, J.F., Chaplin, R.K. & Nyachoti, C.M. 2005. Nutritional and physiological responses of growing pigs exposed to a diurnal pattern of heat stress. *Livestock Production Science* 96, 205-214.
- Pedersen, S. 2002a. Heat and Moisture Production for Cattle and Poultry on Animal and House Level. In *ASABE Annual International Meeting, Hyatt Regency Chicago, 28 - 31 July 2002*, Chicago, Illinois, USA, ASABE Paper No. 02 4179. ASAE, St. Joseph, MI.
- Pedersen, S. 2002b. Heat and Moisture Production for Pigs on Animal and House Level. In *ASABE Annual International Meeting, Hyatt Regency Chicago, 28 - 31 July 2002*, Chicago, Illinois, USA, ASABE Paper No. 02 4178. ASAE, St. Joseph, MI.
- Pedersen, S. & Sällvik, K.(eds) 2002. Climatization of Animal Houses – Heat and Moisture Production at Animal and House Level. 4Th Report of CIGR Working Group. Published by Research Centre Bygholm, Danish Institute of Agricultural Sciences, P.O. Box 536, DK-8700 Horsens, Denmark www.agrsci.dk/jbt/spe
- SIS. 1992. Svensk Standard 95 10 50. Lantbruksbyggnader- Ventilation, uppvärmning och klimatanalys i värmeisolerade djurstallar- Beräkningsregler. Standardiseringskommissionen i Sverige. Stockholm.
- Tao, X. & Xin, H. 2003. Acute synergistic effects of air temperature, humidity, and velocity on homeostasis of market-size broilers. *Transactions of the Asae* 46, 491-497.
- Wahlberg, K. & Sällvik, K. 1977. Ventilationsavbrott i stallar. Sveriges Lantbruksuniversitet. Inst. för lantbrukets byggnadsteknik. Specialmeddelande 61. Lund.
- Wahlberg, K och Sällvik, K. 1977. Changes in climate and animal reactions during a breakdown in the ventilation system in pig and broiler houses. *Swedish Journal of Agricultural Research* No 2 (1977).
- VVS-handboken 1974. VVS-Tekniska Föreningen och Förlags AB VVS. Stockholm.